日本水産学会誌

第二十二巻 第十一号

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 22, No. 11, 1957

目 次

昭和三十二年
日本水産学会
The Japanese Society of Scientific Fisheries
TOKYO

CONTENTS

* In Japanese with synopsis in English.

All communications and publications should be addressed to :
Japanese Society of Scientific Fisheries, c/o Tokaiku Suisan Kenkyujo Tsukishima, Kyobashi, Tokyo, Japan.

日本水産学会投稿規定

1. 報文の投稿者は本会員個人に限る。但し会員外の共同研究者を含むことは差支えない。
2. 報文は投稿者の原著で他の刊行物に未発表のものに限る。
3. 報文は総て本会に送付し，本会に到着した日を以つて，受付月日とし，受付けた原稿は総て編集長の指定する２名の編集理事が回覧し，掲載可と認めたものはそのまゝ受理する。この場合の受理月日は受付月日とする。編集理事が其のまゝ掲載することに疑義をいだいた場合は編集長にその旨報告する。この場合編集長は編集会議を招集，審議し，受理し得ないと認めた場合はその理由を附し，原著者に返却し，訂正を求める。この場合の受理月日は，学会が訂正原稿を受理した月日とする。受理した論文は，その受理月日の順に掲載する。但し，その報文又は報文抄録が印刷費著者負担の場合は，会誌を増頁して掲載する。抄録を希望する場合は本論文をそえて提出すること。
4. 原稿１篇の長さは原則として刷上り４頁（表題，200 語の英文抄録を除き，図表の占める紙面を含め約 7000 字相当）とする。原稿一篇の学会負担の基準印刷費（４頁計 7,200 円）を超過した場合は著者が負担する。
5. 会員が会費又は著者として負担すべき印刷費の支払いを怠るときは，支払いのあるまでその会員の報文の受理又は掲載を見合せることがある。
6. 邦文報告には原則として 200 語以内の英文抄録（題名と著者名とを附記，名前は省略せぬこと，）を添える。
7. 図表には英文の説明をつける。邦文を併用してもよい。
8. 投稿の細目については別に定める注意書きに従う。

投稿に関する注意

1. 原稿を投稿するときには，本会所定の投稿カード（請求により配付する）に必要事項を記入し，之を原稿に添え本会に提出する。
2. 初校は原則として，著者が校正する（校正は迅速に行う事）。尚文章又は図，表の変更や追加は禁ずる。再校以後は編集部で校正する。
3. 英文抄録，図及び表の表題，説明等の英訳を希望される向はその原案を添えて投稿されたい。但し実費を申し受ける。
4. 別刷りの料金（X円）は次の式によつて算出される通りとする。X=(1+P)（N−50）円 P：頁数，N：別刷数（50 部を単位とする）従つて 50 部までは頁数に関らず無料である。特に表紙をつけることを希望される場合は，著者負担によつてこれをつける。（50 部当り 300 円）
5. 投稿後掲載までの間に著者の連絡先が変つたときには必ず通知されたい。

原稿の書き方

原稿は会誌体裁の統一，誤りの防止，編集印刷の便宜上次の諸規定を守られたい。既出報文との調和其の他のために例外を望まれる著者はその都度明記されたい。

1. **邦文原稿**は本会所定の原稿用紙にペンで横書きにし，記述は簡単明瞭にし新かなづかいを用いて難かしい漢字はさける。英文抄録は本文とは別葉にする。
2. **欧文原稿**は厚手の上質紙に２段送りのタイプで打つ。欧文本文以外の欧文個所はペン書きでもよいが必ず活字体を用いる。
3. **字体の指定**は右の如く赤で入れる。

abcd（イタリ）	abcd（g，ゴチ）	Abcd（大）	ABCD（S.C.）	OO^{1}	B_{12}
Italic	Gothic	CAPITAL	CAP. & SMALL CAP.	うわつき（かたつき）	したつき

4. **表題**　主題・副題は別行に書き各々ピリオド（.）をつけない。第○報の場合はローマ数字（Ⅰ，Ⅱ）にして（――）でつなぎ数字の後に（.）をつける。
英文表題では第一語の他，名詞，副詞，形容詞，〔動詞は慣用に従う〕の頭文字は大文字にする。

5. **著者名**　邦文では連名の時は（•）で連ねる。ローマ字では名の頭を Capital 後は Small，姓の頭を Capital 後は Small Capital にする。連名の時は（,）で連ね最後の名の前を（and）で連ねる。（&）は用いない。末尾に（.）はつけない。

6. **所属**　著者名の下に（　）で囲む。本文が邦文の時は英文の所属は入れない。但し著者が希望すれば脚註で入れてもよい。本文が英文の時は字体を *Itaric* にする。

7. **図表**　表題，説明，内容とも英文で書く。必要ならば邦文併用もよい。番号は（Fig. 1. Table 1.）とする。番号，表題，説明は図ではその下に，表ではその上に入れる。表の細かい説明は下でもよい。邦文併用の時は邦文の番号（第１図，第１表）は省く。図表は必ず本文と別葉にし，本文中に挿入個所を赤で指定する。又本文中に引用する時は（Fig. 1, Table 1)を用いる。

8. **附図**　附図は１頁大の図版で（Plate）とし，なるべく篇末に入れる。原図が写真であつても本文中に組込む時は Fig. にする。附図の番号はローマ数字（Ⅰ，Ⅱ）を用いる。

9. **生物名**　邦文ではカタカナの和名の次に，学名を *Itaric*（命名者名は Roman で頭文字を Capital，後を Small Cap.）で入れ，英文では俗名の次に学名を邦文と同様に入れる。〔その間は（,）で切る〕これを原則とするが論文により必要がなければ一部又は全部の学名，俗名を略してもよい。学名は（　）で囲まない事。

10. **化学名**　邦文中の外来語の化学名は一般的なものはカタカナを用い，英字を用いねばならない時は Small で入れる。

11. **人名**　まぎれない時は姓のみを記し名と敬称とを省いてもよい。欧名でも姓のみで頭文字は後は Capital，後は Small capital で書く。

12. **単位及び記号**　単位を表わす文字は英文中では（C.，cc.，m*l*.，kg.，m.）の如く（.）をつける。但し（Ω，μ，γ，N，M，pH，及び方位の N，S，E，W）には（.）をつけない。邦文中ではこれらの（.）はすべて省く。量を代表する記号は（長さ *l*，高さ *h*）の如く *Itaric* にする。

13. **邦文本文中の外国語**（横文字の場合）は人名，地名，ドイツ語の名詞等を除き Small で入れる。同一邦文中で同一物名の和洋語の混用はさける。

14. **文献**　本文中の関連個所にうわつきで一貫番号をつけ一括して末尾に集める。番号はアラビア数字（1,2,3）を用い片カッコ（1)，パーレン）で囲み各行の末尾にピリオド（.）をつける。著者名は姓と名とを書き著者名の後はコロン（：）で切る。雑誌名の略し方は慣用法に従う。日本水産学会誌のことは本誌とする。英文雑誌名は *Itaric* で書く。雑誌の巻番号は **Gothic** にする。西歴年号は必ず入れる。文献の見出しは（文献，References）とする。同一著者名，同一雑誌名を連記する時は（――）で略してもよい。
　文献の書き方について著者の都合で上の指定によらない時は特にその事を付記しておく事。

15. **脚註**　脚註は数字でない記号（*，**）を用い関係頁の下段に入れ巻末に集めない。

若狭湾田井イワシひさご網の模型実験

朴　龍　俊
（京都大学農学部水産学教室）

A Model experiment of Sardine Trap Net, "Hisago-Ami"

Yongjun PACK

A model experiment of the sardine "Hisago-Ami" (a kind of Japanese trap net) operated in the Tai fishing ground locating on the western coast of Wakasa Bay was done for the purpose of studing the change of the configuration and total resistance of the net caused by homogeneous currents from various direction. The scale of the net was reduced to 1/350 of the full scale according to TAUTI's principle of similarity. Fig. 1 shows the detailed structure of the full scale.

This net can be divided into two parts, namely "Miami (the main net)", and "Noboriami (the acclivity net)" and was experimented with three different directions of currents shown in Fig. 1 (A, B and C).

The investigated velocity in terms of the full scale is changed as follows : 57 cm/sec, 25 cm/sec and 14 cm/sec in the case of the main net and 43 cm/sec, 21 cm/sec and 10 cm/sec in the case of the acclivity net in each direction.

The details of the net configuration in each velocity and direction, and the relation between resistance and velocity are shown in Fig. 2.

If we denote the total resistance of the net by R (kg) at the velocity of current V (cm/sec) in the full scale, then put $R=kV^n$, k and n being constants which characterize the mechanical properties of the net, these values obtained from Fig. 2 are 1.70 and 7.29 (direction A), 9.5 (direction B) for the main net, while are 1.62 and 13.8 (direction A), 11.0 (direction B) for acclivity net.

著者は先に[1]表記ひさご網の漁況が風速及び風向等に相当な関係があることを見たが，このような漁況の変化の原因が網成の変化に一部帰せしめられるかも知れないと考えられるので，網自体の流れによる形状及び抵抗の変化の様子等を調べるためにその模型実験を行つた。なおひさご網の模型実験には宮本[2]の研究もあるが，上記のような意味で特にこの網の性質を知ることを目的として実験を試みた。実物網は若狭湾田井定置漁場の馬建島北，水深 38 尋の所に設置され，その構造の概略は Fig. 1 に示す。模型網は垣網を除き，身網と登網の 2 部分に分けて回流式水槽中に設置し，流れは身網の場合には台 (A) 及び天張 (B) の 2 方向，登網の場合には真横 (A)，銚子口 (B) 及び登口の 3 方向とした。

模型網の製作は田内法則に従い，次の順序とした。

1.　横型網の寸法は実物網の寸法の 1/350 とした。

2.　横型網の網糸は実物網の綿糸に対しては絹糸，わら綱に対しては綿糸を用い，それらの太さ D' 及び目合 L' は実物網の太さ D 及び目合 L に対して，相対応するどの部分に於ても $D'/D=L'/L=0.23$ とた。(Table 1)

3.　模型網及び実物網の網糸，絹糸の比重は 1.25，綿糸及びわら綱の比重は 1.39，目合の比は 0.23 であるから，模型網と実物網とが同じ形をとる流速を各々 V' 及び V とすると

身網に対しては

$$\frac{V_1'}{V_1}=\sqrt{\frac{D'}{D}\frac{\rho'-\rho_w'}{\rho-\rho_w}}=\sqrt{0.23\frac{1.25-1.00}{1.39-1.03}}=0.4$$

同様にして登網に対しては $V_2'/V_2=0.5$ となる。

1956 年 11 月 5 日受理

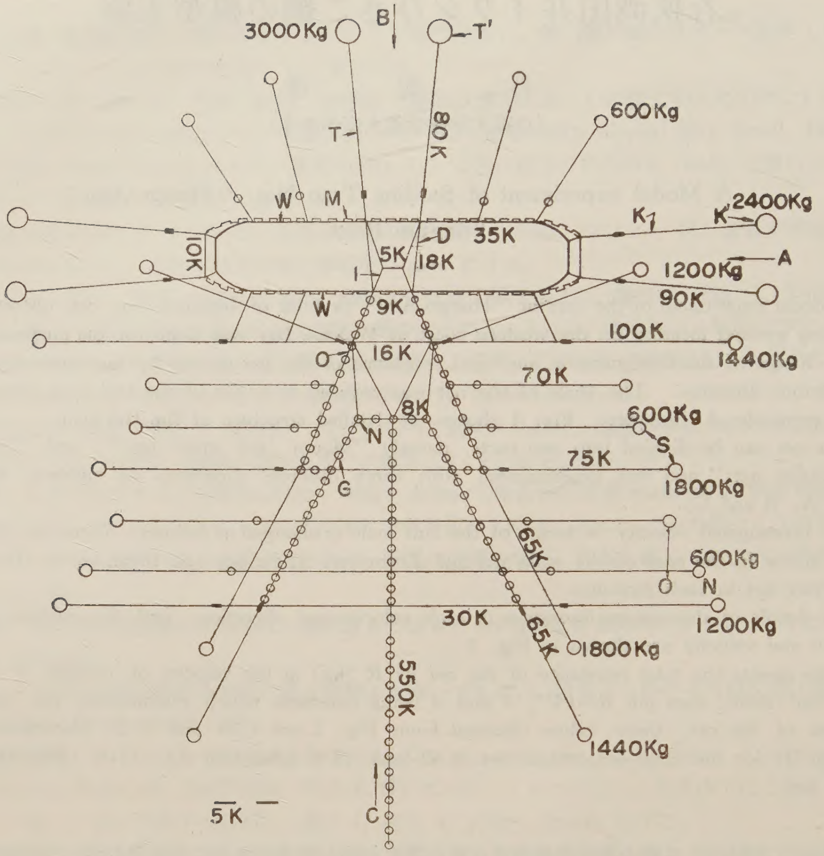


Fig. 1. Structure of the "Hisago-Ami" (a kind of Japanese trap net) operated in the Tai fishing ground. The Arabic figures with K(=Ken ≒ 1.5 m) show the lengths of ropes and webbings. The symbols used commonly with Table 3 and 4.

Table 1. Details of webbing, showing the relation between the full scale and the model

Name		Full Scale			Model		
		Material	Diameter	Mesh	Material	Diameter	Mesh
Main net	Landing-net	Cotton 20's	1.14 mm	2.16 cm	Silk	0.26 mm	0.5 cm
	Floor	〃	0.89	〃	〃	0.21	〃
	Wall	〃	1.14	〃	〃	0.26	〃
	〃	〃	1.03	〃	〃	0.24	〃
	Selvage	〃	1.27	〃	〃	0.29	〃
Acclivity net	Floor (inner part)	Straw	6.10	6.06	Cotton 20's	0.92	1.4
	Floor (outer part)	〃	〃	37.40	〃	〃	5.4
	Wall (outer part)	〃	〃	42.60	〃	〃	6.3
	〃	〃	〃	50.00	〃	〃	7.5
	〃	〃	〃	60.00	〃	0.68	9.0
	〃	〃	4.50	75.00	〃	〃	11.2
	〃	〃	〃	100.00	〃	〃	15.0
Heart		〃	7.60	75.00	〃	1.14	11.2
Wing		〃	〃	〃	〃	〃	〃

4. 網類の受ける流水抵抗を無視して，模型網と実物網とが同じ形を保つために，模型網の綿糸のロープの太さ D_1' と実物網のワイヤーロープの太さ D_1 との比を，

$$\frac{D_1'}{D_1}=\sqrt{\frac{\lambda'}{\lambda}\left(\frac{V_1'}{V_1}\right)^2\frac{\rho-\rho_w}{\rho'-\rho_w'}}=\sqrt{\frac{1}{350}\times 0.16\times\frac{7.83-1.03}{1.39-1.00}}=0.085$$

同様にして模型網の綿糸のロープの太さ D_2' と実物網のマニラロープの太さ D_2 との比は $D_2'/D_2=0.022$ とする。

Table 2. Details of ropes, showing the relation between the full scale and th model

Name	Mark	Full Scale			Model		
		Material	Diameter	Length	Material	Diameter	Length
Float-line	W	Wire	18.2 mm	296.9 m	Cotton 20,s	1.55 mm	84.8 cm
〃	I	〃	〃	9.0	〃	〃	2.6
〃	O	〃	〃	110.6	〃	〃	31.1
〃	D	Manila	36.4	27.3	〃	0.80	7.6
〃	T	〃	〃	113.6	〃	〃	32.1
〃	K	〃	〃	〃	〃	〃	〃

W, I, O, D, T and K show respectively ropes joined to the following parts:
W : Main net, "Gawazuna".
I : Main net, "Haguti".
O : Accilivity, "Noborigawazuna".
D : Main net, "Dôbari".
T : Main net from anchor bag, "Tenbari".
K : Main net from anchor bag, "Daidohyo".

5. 浮子，沈子が受ける流水抵抗を無視して，模型網と実物網とが同じ形を保つために，模型網の浮子の浮力 F' と実物網のそれの浮力 F との比を，

身網に対しては

$$\frac{F_1'}{F_1}=\frac{\rho_w'}{\rho_w}\left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2\left(\frac{V_1'}{V_1}\right)^2=\frac{1.00}{1.03}\left(\frac{1}{350}\right)^2 0.16=1.3\times 10^{-6}$$

同様にして登網に対しては $F_2'/F_2=4.1\times 10^{-6}$ とする。(Table 3)

Table. 3. Detail of floats and attachment to the webbing

Part	Mark	Full Scale		Model	
		Material	Buoyancy	Material	Buoyancy
Main net	M	Paulowania	2332 kg	Cork	3.03 g
Outer acclivity net and heart	G	Glass	3978	〃	16.30
Entrance of acclivity net	N	〃	450	〃	1.85

M, G and N show respectively floats attached to the following parts:
M : All sides of the main net.
G : Both sides the outer acclivity net and the heart.
N : Side of entrance of the acclivity net.

模型網の沈子鉛の重量 W' と実物網のビクの重量 W との比を，

身網に対しては

$$\frac{W_1'}{W_1}=\left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2\frac{\rho_W'}{\rho_W}\left(\frac{V_1'}{V_1}\right)^2\frac{k'}{k}\frac{P'}{P}=\left(\frac{1}{350}\right)^2\frac{1.00}{1.03}\times 0.16\times\frac{0.65}{0.91}\frac{0.63}{0.44}=1.3\times 10^{-6}$$

同様にして登網に対しては $W_2'/W_2=4.1\times 10^{-6}$ とする。(Table 4)

Table 4. Location of the anchor-bags

Name	Mark	Full Scale		Model	
		Material	Weight	Material	Weight
Anchor bag	K′	Gravel	35520 kg	Lead	45.17 g
〃	T′	〃	22200	〃	28.86
〃	O′	〃	8900	〃	11.57
〃	S	〃	18056	〃	74.00

K, T, O and S snow respectively the anchor-bag located at the end of the anchor rope in thefollowing parts:
K′ : Main net, "Dai-dohyozuna".
T′ : Main net, "Tenbari-dohyzuna".
O′ : Wing, "Sode kakezuna".
S : Heart, "Manto-kakezuna".
(The weight of other important anchor-bag is shown in Fig. 1.)

潮流と網の形状

模型網は身網と登網との２部分に分け，身網の場合のＢ方向からの流れに対しては，完全な一つの網に仕立てた時の全体の網成とは幾分異るとは思われるが，身網の右半分だけを設置し，これに流れを当てた。水槽の大きさ上止むを得ず，流れは Fig. 1 に示したように，身網の場合には Ａ 及び Ｂ の２方向から，登網の場合には Ａ，Ｂ 及び Ｃ の３方向からあて，その速さは実物網に換算して，前者の場合には 57 cm/sec (≒1.1 Knot)，25 cm/sec(≒0.5 Knot) 及び 14 cm/sec(≒0.3 Knot)，後者の場合には 43 cm/sec (≒0.8 Knot)，21 cm/sec(≒0.4 Knot) 及び 10 cm/sec(≒0.2 Knot) 等の各種類とした。Plate 1 は網が一様な流れを受けて釣合つた時の網成の様子を示し，観察された網成の詳細は次の如くである。

模型網による網成の観察結果

名称	流向	流速 cm/sec	網の形状
身網	A	14	潮上側の魚捕部の浮子及び台浮子が幾分沈み，流れがない場合と殆んど変らない。
		25	潮上側の側浮子の 1/3 及び台浮子は完全に沈み，網は潮下にふかれる。
		57	潮下の魚捕部の浮子及び台浮子を残して他の側，台及び天張等の浮子は完全に沈み，網全体がひどく潮下にふかれる。網底がふき上げられ，潮上の魚捕部の網成りがくずれる。台の沈子動く。
	B	14	天張の浮子が一様に水面下に没し，網底が潮下に僅かにふかれる。
		25	潮上の台及び側浮子が水面下に没し，網底が幾分潮下にふかれる。
		57	側浮子は殆んど全部沈み，潮下の土俵網の浮子のみが浮き，網全体が潮下に流され，網底はふき上げられる。
登網	A	10	潮上の側浮子及び土俵掛網の浮子は水面下に没し，登り側網が僅かに潮下にふかれる。
		21	潮上側の側浮子及び土俵掛網の浮子は完全に沈み，登網の側網がひどくふかれて登網の通路をふさぐ。
		43	浮子は潮下の土俵掛網の浮子を残して他は完全に沈み，側網はひどく潮下にふかれて形は甚だしくくずれる。側網の網裾及び土俵動く。
	B	10	登網が僅かにふき上げられて網の形は良い。
		21	銚子口に近い部分の側浮子が水面下に没し，登敷網のふかれがひどくなる。
		43	袖口の浮子を残して他の浮子は沈み，登敷網のふかれが甚だしく，登口の網裾が動く。
	C	10	流れがない場合と大差なく，網の形は良い。
		21	袖及びマント部の側浮子は殆んど沈み，登敷網の部分は大きくふくらむ。
		43	銚子口の浮子を残して他の浮子は殆んど沈み，登敷網のふくれが甚だしく，登口の網裾は動きだし，網全体がふくろ状になる。

潮流と網の受ける抵抗

網の受ける抵抗を測定した方向は身網，登網ともに Ａ 及び Ｂ の２方向，その方法は宮本[2)3)]，本多[4)] 等に準じた。網の受ける全抵抗と流速との関係は縦軸に実物網に換算した抵抗 R(kg) を，横軸に流速 V(cm/sec) をとると Fig. 2 の如くなる。この図で $R=KV^n$ とおくと，網の受ける全抵抗は身網の場合には $R=KV^{1.70}$ で，K の値は流向 A の場合で 7.2，B の場合で 9.5 であり，登網の場合には $R=KV^{1.62}$ で，K の値は流向 A の場合 13.8，B の場合 11.0 となる。

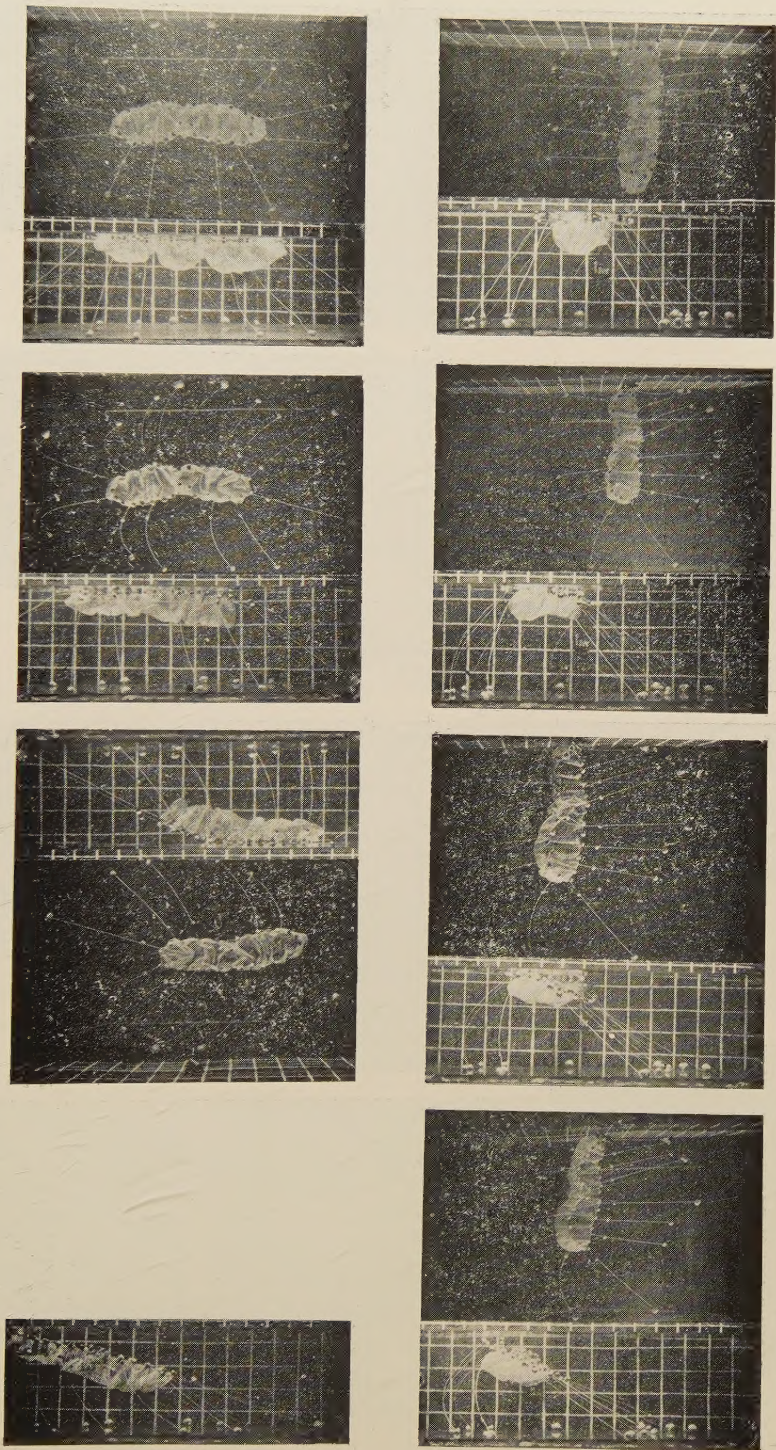
なお実物網から計算によつて次の各値を得た。但し垣網を除く。

網地の総重量（含綱類）	9834 kg，	同沈降力 (W)	2850 kg
浮子の浮力	6760 kg，	同余剰浮力 (F)	3910 kg
土俵の総重量	84676 kg，	土俵の固定力 (H)	33870 kg

$$F/W=0.73,\quad F/H=0.11$$

Plate I.

A B



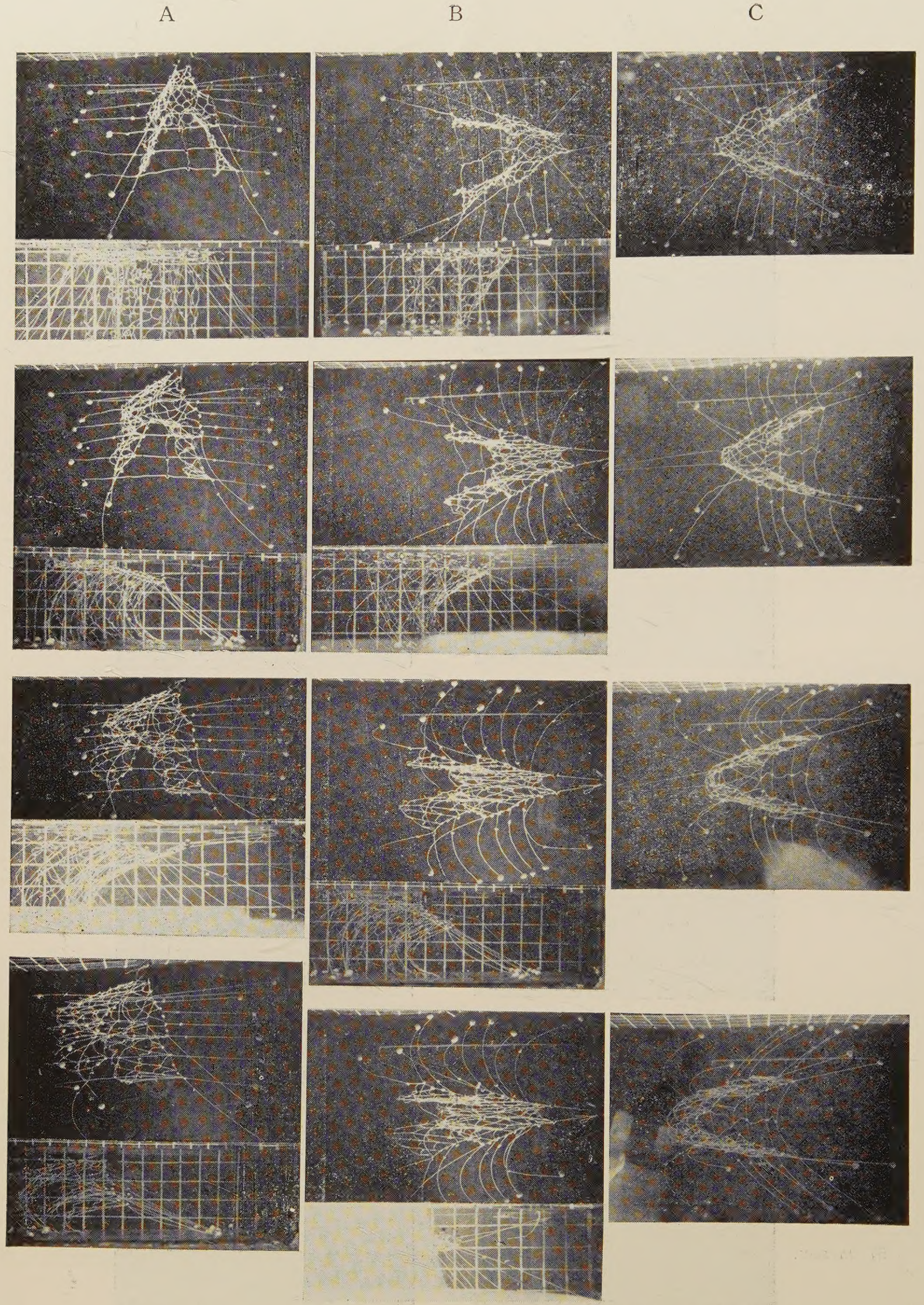
0

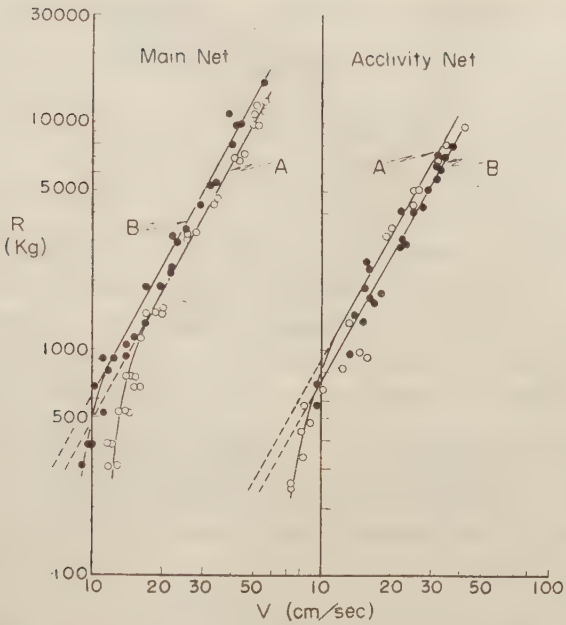
14 cm/sec

25 cm/sec

57 cm/sec

Plate II.





Fig, 2 Relation between the resistance and the velocity.

以上の実験から流速 1/2 Knot では既に変形が甚しく，魚群の入網に支障があるのではないかと考えられる。又全抵抗は *n* の値は宮本の場合[3] とよく一致していて，その流速による変形の様子は類似しているように思われる。しかし *K* の値は本実験の場合が宮本の場合に比して小さく，このような *K* の値の相異は何に起因するかは明確でない。

最後に本実験を行うに当り，御指導竝びに論文の御校閲を賜つた当教室川上太左英教授，実物網について種々御教示を受けた京都府田井漁業協同組合福島三好氏，編網を依頼した荒木恵美子氏，実験に協力を願つた飯高勇之助及び鈴木乙彦の諸氏に深謝する。

文　　　献

1) 朴　龍俊：若狭湾田井定置漁場のマイワシ漁況と気象要因との関係．本誌，**22**(3)，150～155，(1956)．

2) 宮本秀明：定置網の模型並に実地試験（予第3報）．イワシ瓢網．本誌，**14**(1)，31～55，(1948)．

3) 〃 ：鰤大謀，落網の模型実験的研究一Ⅴ．潮流による網の変形と沈子の重量とに就て．本誌，**7**(6)，319～323，(1939)．

4) Katsuji Honda and collaborators : Model experiments on fixed nets for amberfish, *Seriora*, used in the coast of mie prefecture, *The Journal of the Tokyo University of Fisheries*, **41**, (2) (1955).

Plate Configuration of the net. Ⅰ. Main net. Ⅱ. Acclivity net.
A, B and C : The directions of cnrrent illustrated in Fig. 1.

駆集網に関する二つの実験方法による網目の大きさ*

草 下 孝 也
(東京大学農学部)

Two Experiments to see the Effect of Mesh Size of Nets on Driving a School of Fish to a Certain Point

Takaya KUSAKA**

The author conducted fundamental experiments on the effects and principles of fishing methods and gears.

Those experiments were carried out by observing the locomotion activity of fish individuals kept in a tank, set for this purpose. The locomotion activity would differ according to the influence created by the environmental condition or model of fishing gear used.

The experiments were done with 10 Goldfish *Carassius auratus* of an average total length of 4.0 cm. They were liberated in a wooden tank of 150 cm. long, 26 cm. wide and 8 cm. water depth. For model nets, 8 wooden frames were made and fine cotton thread was stretched vertically on each frame at intervals of 0.75, 1.00, 1.25, 1.50, 2.0, 3.0, 4.0 cm except the 8th one which was wooden frame without thread as a contrast.

Two methods, namely, "Centralizing method" and "Driving to one side method" were applied here. (Fig. 1 and 2)

The first method is to drive fishes towards the center of tank from either side with two frames of different meshes, each at a driving speed of about 10 cm. per minute. (Fig. 1) The number of fish which passed through each frame were counted. This was repeated for twenty times, using the same combination of frames. The total number of fish passed through the frame to either side was then found out. The same procedure was repeated using all these 8 frames, and in all combinations of two frames, each. The sum of the total values are given in Table 1. For the ratios of the number of passage of fish to either side of tank, the chi-spuare test of statistics was applied and the result is expressed in Table 1 as percentages of degrees which differ significantly.

The second method is to drive fishes to one side of tank from the other side by one frame with a speed of 10 cm. per minute as the former. (Fig. 2) When the fishes are driven up to a certain position, the fishes start to turn back and locomote to the other side passing through the frame. The position of the frame from one end of the tank was observed (Fig. 2, d), and the result of 40 such experiments are given in Table 2 and Fig. 3, and the efficiency of driving is given in Table 3. The numerical values, so far got, were converted into common logarithm to get their mean values and to compare them. (Table 4) It has been found that a significant difference exists in almost all combinations when examined by the F-table of statistics. (Table 5)

Consequently, the centralizing method is so reliable as to compare directly the difference between two testings and the driving to one side method is advantageous to express sharply the peculiar quality of each testing.

ま え が き

漁網の作用効果に関する基礎研究は種々発表されている。[1)~7)]筆者は網を移動して魚類を駆集する場合

1956 年 10 月 20 日受理

*文部省総合研究「漁網の作用」昭和 29 年度の一部として行ない，昭和29年10月，日本水産学会（三重）にて講演発表した。

**Lecturer : Fisheries Department, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

の効果について，その判断に適切な二つの実験方法，即ち，“中央駆集法”と“一端駆集法”を考え，先ず，駆集網の網目の大きさの効果について実験観察を行ない，次の考究への基礎とした。

刺戟に対して反応する魚類の行動を観察して，その効果を判断することは目的の要素を純粋にぬきだして考究しがたく，例えば定置した網の作用効果は環境の影響が大きく，作用がよほど顕著でないと実施は困難である。これに対して，漁網その他の刺戟物を移動させて，魚群を追う場合は網の作用が他の環境条件から，ぬきんでて強い刺戟となり，これに反応して魚群の移動行動が顕著に認められる。ここでは試験的に，網目の大きさの効果について観察を行ない，ここで行なう二つの駆集方法の価値を検討しているが更に進めて，漁網の色彩効果などの問題を究明しようとしている。

I. 中 央 駆 集 法

駆集網の効果について，検討すべき供試物の二つを同時に作用させて，その効果を直接比較することができる方法として，中央駆集法を考案した。これは，長方型の水槽の両端より，比較すべき二つの供試物を水槽の中央にむけて移動させる。(Fig. 1)

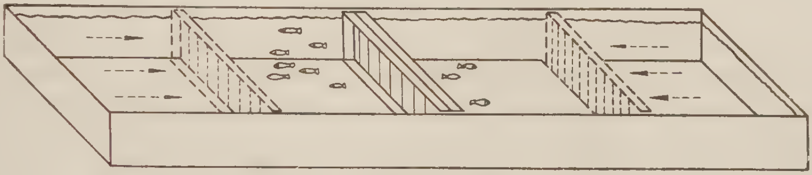


Fig. 1. Centralizing method.

水槽内を遊泳する魚群は両側から追われて，水槽の中央に集まるが，遂には供試物の網枠を通りぬけて外側に逃げだすようになる。網目が魚体の通り得るものであれば，二つの網枠が中央で合した時には，魚群の各個体はどちらかの外側へ通りぬけているので，各側へわかれた匹数を記録し，その割合を検討して効果を比較する。この方法では半ば強制的に網枠を通過させるので，魚を非常に驚かすが，その為に他の条件の影響は問題とならず，判定の困難な効果作用についても結果が期待できる。漁業技術に対しては，この方法は，旋網などのように魚群をとりまく漁法への基本的な効果を類推することができる。

II. 一 端 駆 集 法

これは一つの供試物によつて魚群を或る広さまで駆集し得たその広さを求めて，種々の供試物の効果を比較する方法である。即ち，長方型の水槽に魚群を遊泳させておき，一方の端に一つの供試物，ここでは網枠を入れ，一定の速さで他の端へ移動させる。魚群は次第に追いつめられ，遂には網枠を通りぬけて他の側へ逃げだすので，この時の網枠の位置（図中の d）を記録して，駆集値を求める。(Fig. 2)

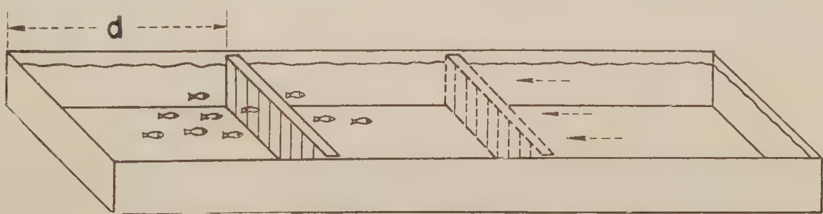


Fig. 2. Driving to one side method.

中央駆集法は二者を直接比較することを主眼とするが，一端駆集法は駆集する度合が求められるので，供試物の刺戟要素の全く異なるものについてもその度合を較べることができ，又，繰返し回数を重ねて，度数分布などを精しく検討したりすることができる。この方法による結果は実際漁法における曳網の運用の効果を類推することができる。

Ⅲ．中央駆集法による網目の大きさの効果

実験魚にはキンギヨ *Carassius auratus*，10 尾，体長 3.5～4.5 cm，体巾 0.7～0.9 cm，体型及び尾びれはフナと同型のものを使用した。水槽は白色ペンキぬり木製，長さ 150 cm，巾 26 cm，水深 8 cm，のものである。供試物としての網枠には白木の角材（1 cm×1.5 cm)を用いて，巾 25 cm，高さ 10 cmの木枠を用意し，これに無染色の 4 号綿撚糸を一定間隔に縦に張つたものをつくり，これを漁網の模式的なものとして，魚群の駆集に用いた。木枠の種類は糸を張らぬ木枠のみのもの，糸の間隔がそれぞれ 4.0，3.0，2.0，1.5，1.25，1.00，0.75 cm．のもの計 8 種類を用意した。

水槽に実験魚 10 尾を遊泳させておき，比較すべき 2 種の木枠を水槽の左右の端から，それぞれ約 10cm/sec．の速さで，中央にむけて移動させ，ついに中央で合致させて，10 尾の魚が各々どちら側に何尾通りぬけたかを記録した。これを 8 種の木枠のすべての組合せについて，各々 20 回繰返した。繰返しには各回毎に木枠を左右交換して位置の影響が入らぬようにした。尚，水槽は南側の窓の室内に平行に設置し，観察時には直射日光があたらぬようにして，昭和 29 年 9 月 3 ～ 9 日，10～15 時の間に，水温 22.0～24.0°C のもとで行つた。

このようにして得られた観察結果（Table 1）は 2 種の木枠の効果に差が無ければ，尾数総和は各側等しくなることが期待されるから，観察値の差異が有意なものであるかどうかについて，χ^2ー検定を行なつた。起りうる確率を 5 %以内にとると $\chi^2 > 3.841$ であるから，観察値が有意となる場合の期待値との差を算出すると繰返し数 20 回の場合，各側の期待値はそれぞれ 100 であるから，有意水準 1 %では 100±19，5 %では± 14，10 % では ± 12 となる。これにもとずいて，有意水準（Table 1 下左）を観察値の繰返しの和（同表，上右）から求めた。尚，対照実験として，同種の木枠（共に間隔，2 cm のもの）について行なつた結果は 104 ： 96 となり，有意差は認められないものであつた。

Table 1. Effects of different meshes using different combination by "Centralizing method"

Kind of frame	Mere frame	Interval 4.0 cm.	〃 3.0	〃 2.0	〃 1.5	〃 1.25	〃 1.00	〃 0.75
Mere frame		80 120	68 132	82 118	63 137	54 146	31 169	0 200
Interval 4.0 cm.	1 %		82 118	91 109	79 121	61 139	44 156	— —
〃 3.0	1	5		101 99	79 121	60 140	46 154	— —
〃 2.0	5	—	—		90 110	75 125	66 134	— —
〃 1.5	1	1	1	—		85 115	57 143	— —
〃 1.25	1	1	1	1			68 132	— —
〃 1.00	1	1	1	1	1	1		— —
〃 0.75	1	1	1	1	1	1	1	

The right-upper figure : Sum of values for twenty experiments, of the fish moved to either side.
The left-lower figure : Level of signiticaut of the chi-spuare test.

結果は殆んどの場合が 1% の危険率で有意差があり，間隔 1.5～4.0 cm の間の木枠の組合せにおいて，差を認め難い場合が 2，3 ある。これからして 1.5～4.0 cm の間では間隔の差異が与える効果が少なく，間隔 1.5 cm 以下では効果が増大し，確実になつていることが示されている。実験魚の体巾はほぼ 1.0 cm でこれをもとにしてみると，

1. 網目が魚体巾以下では完全阻止。
2. 網目が魚体巾から，その 2 倍位までの範囲では間隔の広狭による阻止効果の差が著しい。

3. 網目が魚体巾の2倍以上では網目の間隔が倍以上変化して，はじめて阻止効果の差が認められる。

以上のように，これらは勿論一般的な概念と一致していることであるが，幾分でも理論的な裏付けができた。

Ⅳ. 一端駆集法による網目の大きさの効果

実験魚，水槽，木枠など前章と同じものを使用した。方法は水槽内に 10 尾のキンギョを遊泳させておき一つの網枠をえらんで，水槽の一端から他端へ 10 cm/sec の速さで移動させ，追いつめられた魚が網枠を通過しはじめる時の枠の位置 (Fig. 2, d) を記録した。但し，魚群の中の1匹目の通過では値が変動しやすいので，3又は4匹目の個体の通過の時を記録することとした。尚，水槽の位置条件は前法と同じく，9月 25～28，日 10～15 時，水温 22.0～24.5°C のもとで行なつた。

観察値は Table 2 のように各木枠について 40 回づつ繰返し観察を行なつた。尚，間隔 0.75 cm の網枠では全く通過がないので省略した。

Table 2. The distances in cm. from the position of frame to the side of tank by "Driving to one side method"

Re-peat	Kind of frames							Re-peat	Kind of frames						
	Mere frame	Int. 4.0 cm.	3.0	2.0	1.5	1.25	1.00		Mere frame	Int. 4.0 cm.	3.0	2.0	1.5	1.25	1.00
1	32	64	28	26	20	18	18	21	26	36	19	19	22	17	12
2	60	37	23	22	19	15	20	22	20	20	22	22	19	15	11
3	60	20	15	52	18	18	11	23	20	18	18	14	15	12	6
4	27	40	53	16	14	21	8	24	20	15	13	14	11	9	8
5	43	22	20	15	21	13	5	25	27	16	12	9	9	12	10
6	20	36	20	20	19	12	9	26	48	37	38	13	8	10	6
7	55	58	22	24	18	17	10	27	15	12	13	13	9	8	9
8	16	28	12	20	15	11	11	28	28	13	28	24	11	12	12
9	18	12	11	10	6	7	7	29	42	16	15	16	13	10	12
10	13	15	16	15	15	8	8	30	30	30	17	13	11	10	6
11	23	20	22	20	16	8	8	31	30	33	26	20	16	8	14
12	16	18	27	19	14	11	8	32	47	18	43	35	14	7	10
13	27	20	22	14	17	20	19	33	16	11	23	13	9	9	7
14	35	47	15	17	21	12	12	34	16	23	28	20	11	13	5
15	40	28	23	28	17	20	14	35	48	20	14	13	10	8	6
16	17	31	22	24	11	11	11	36	21	21	38	16	8	11	5
17	12	8	9	11	10	11	6	37	18	19	15	15	10	11	9
18	16	18	12	15	10	10	11	38	23	20	19	28	14	13	11
19	15	13	16	7	12	12	9	39	29	17	16	13	10	5	6
20	50	35	28	23	12	10	6	40	40	18	22	15	14	6	12

The frame with interval of 0.75 cm was excepted as fish could not to pass through the meshes.

これらの値について，先ず，各木枠における繰返し度数分布を求めた。(Fig. 3) 図のようにいずれも山がかたよつた曲線となるのは当然であるが，これらの分布曲線の形状から，各供試物の効果の差異を判別することができる。又，これから，水槽の一端へ或る距離まで駆集し得た度数の 100 分率を求めると Table 3 のようである。これらから，木枠の，間隔 2.0 cm 以上と 1.5 cm 以下では効果が飛躍して異なつており，前章の結果と同じことがいえる。

次に各木枠の駆集値を比較するが，繰返しの度数分布がかたよつているので，各個の値をまず常用対数になおし，これを便宜上，駆集度とよび，これらを合計して，各木枠の平均値を求めた。(Table 4) これらの平均駆集度について，平均値の差及び推定される標準偏差を各組合せについて求めて，有意差の検定を行な

つた。(Table 5) 表示したように，殆んどの組合せの間に有意差が認められ，木枠の間隔が 2.0 cm 以上で，間隔の差が少ない組合せ，即ち，2.0 と 3.0, 3.0 と 4.0, 4.0 と木枠のみの間では差が認めがたい。これらのことは前章と同様に，間隔 2.0 cm 以下で効果の差の著しいことを示している。

む　す　び

以上のように，中央駆集法及び一端駆集法は漁網の効果を実験的に判断する方法として，両者ともにすぐれており，網目の大きさの効果に関しては明確な結果が得られた。従つて，これらの方法によれば効果の判定に困難な漁網の色彩，或いは音響などの駆集作用についても目的を達成しうる確信が得られた。

この報告をするにあたり，終始，御指導を賜つた東大教授檜山義夫博士に深く謝意を表す次第である。

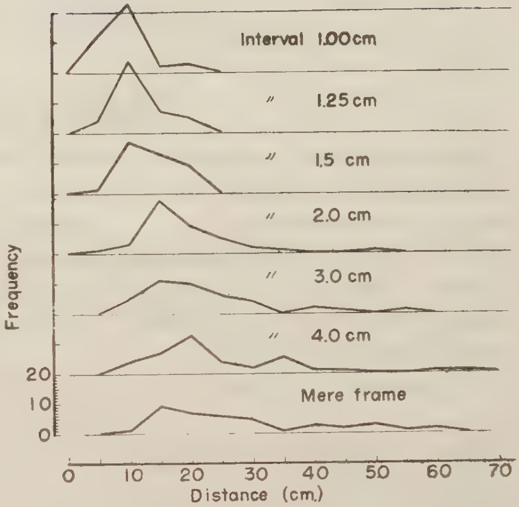


Fig. 3 Frequency distributions of 40 times for the effects of each frame by "Driving to one side method"

Table 3. Percentages of numbers for 40 times, to drive fish in some range by each frame used

Distance the position of frame to the side of tank	Kind of frames							
	Mere frame	Int. 4.0cm	3.0	2.0	1.5	1.25	1.00	0.75
Below 10 cm	2.5%	10	12.5	10	45	70	87.5	100
〃 15	25	27.5	40	55	78.5	87.5	92.5	—
〃 20	42.5	60	65	77.5	100	100	100	—
〃 30	70	75	90	90	—	—	—	—
〃 40	80	92.5	95	97.5	—	—	—	—
〃 60	100	97.5	100	100	—	—	—	—

Table 4. Mean values of driving efficiency by "Driving to one side method"

Kind of frames / Repeated for 40 times	Mere frame	Int. 4.0 cm.	3.0	2.0	1.5	1.25	1.00	0.75
Sum of measured values which were converted to common log.	56.20	53.55	51.67	49.35	44.53	41.75	38.13	—
Mean of the measured values which were converted to log.	1.405	1.338	1.291	1.233	1.113	1.043	0.953	—
Standard deviation for the mean	0.204	0.203	0.171	0.165	0.136	0.147	0.158	--
Averages which were reconverted from the mean (cm.)	25.41	21.78	19.54	17.10	12.97	11.04	8.97	—

Table 6. Test of difference between mean values of driving efficiency for 40 times by "Driving to one side method"

Kind of frames	Mere frame	Interval 4.0 cm.	3.0	2.0	1.5	1.25	1.00	0.75
Mere frame		0.067 0.204	0.114 0.118	0.172 0.186	0.291 0.174	0.362 0.178	0.452 0.183	— —
Inteval 4.0 cm.	—		0.047 0.188	0.105 0.185	0.225 0.173	0.295 0.178	0.385 0.182	— —
3.0	1 %	—		0.058 0.168	0.178 0.155	0.248 0.160	0.338 0.165	— —
2.0	1	5	—		0.120 0.151	0.190 0.157	0.280 0.162	— —
1.5	1	1	1	1		0.070 0.142	0.160 0.148	— —
1.25	1	1	1	1	5		0.090 0.153	— —
1.00	1	1	1	1	1	1		— —
0.75	—	—	—	—	—	—	—	

The right upper figure :
The above : Difference between mean values of two frames combined.
The below : Common standard devation for the pair.
The left-lower figure : Level of significant.

文　　献

1) 檜山義夫 : 網の魚群を遮断する作用について，水産学会報，**10** (1/2,)，1948

2) 岡　正雄 : 魚群の網目の通過に関する一実験，本誌，**13** (5)，1948

3) 大島泰雄 : 曳網の中に於ける魚群の活動，本誌，**16** (4)，1950

4) Takaya Kusaka : A consideration on the cause of change of locomotion activity of fish by aquarium experiment, 日本海区水研創立三周年記念論文集，1952

5) 神田献二 : 網地の縮結と魚群の網目の通過について，本誌，**18** (8)，1953

6) Y. Hiyama, M. Yao & Kondo : Difference of frequency of transfer between several types of fishes in underwater fence net model experiment, 魚類学雑誌，**3** (3/4/5)，1954

7) 草下孝也 : 水槽の広さに伴う魚の移動行動の変化，魚類学雑誌，**4** (1/2/3)，1955

中央駆集法及び一端駆集法による漁網の色彩の効果*

草下 孝也
(東京大学農学部)

Experiments to see the Effect of colour on Nets by the Centralizing Method and the Driving to One Side Method

Takaya KUSAKA

The author has done those experiments continously for the former report (Refference 1)) which was carried out "Centralizing method" and "Driving to one side method". (Fig. 1.)

10 Goldfish *Carassius auratus* of an average total length of 4.0 cm. were liberated in a wooden tank of 150 cm. long, 26 cm. wide and 8 cm. water depth. For model nets of colours, 8 wooden frames were made to be stretched vinyle tube (dia. 1 mm.) vertically at interval of 2.0 cm. on each and the each frame had a colour of semi-transparent, yellow, white, green, pink, red, blue and except the 8th one which had fine white cotton thread.

The centralizing method was done with repeat of 40 times using all these 8 frames, and in all combinations of two frames each. The sum of the total values were given in Table 1. and they were applied the chi-square test of statistics as expressing in the Table.

The observed values by the driving to one side method were expressed in Table 2. and Fig. 2. and the efficiency of driving was given in Table 3. and 4. Average values of them had been examined different significance by the F-table of statistics, seeing in Table 5.

As regards driving fishes on the two experiments, the frames of blue, pink and red are obviously more effective than the other frames of white, yellow, semi-transparent and white cotton thread.

As it is existing difference between the human and fishes on the senses of sight, he had examined visible distance in the water for each colour of vinyle frame taking method of as in Fig. 3. and the result is in Table 6. and Fig. 4.

Consequently, those results and quoting the result of the underwater fencing net (Refference 2)) were compared on order of effect of colours, seeing in Table 7. The orders of experiments (b) and (c) are accurate uniformity, as if the materials of model net are equal one and it had both taken method to drive fishes in. Though the (a) was done as fencing net unmoved, he had recognized few similarity between the orders of (a) and (d).

ま え が き

中央駆集法及び一端駆集法については既報[1]した如く，漁具の作用効果を魚類の行動反応から判断する方法として，優れていることが明確になつたので，今回は漁業技術の上で問題にされている漁網の色彩の効果について，この二つの方法を活用し，全く同じ方法によつて実験を行なつた。ここでは色彩の相違が魚類の感覚に作用し，これに反応する魚群の移動行動に差異を確認できるかどうかを追究する。

1956 年 11 月 13 日受理

*文部省総合研究「漁網の作用」昭和 29 年度の一部，昭和 29 年 10 月，日本水産学会（三重）にて講演発表した。

中央駆集法による色彩の効果

中央駆集法は Fig. 1 の如く，比較すべき異なつた色彩の2個の網枠によつて，両側から魚群を中央に駆集し，中央で網枠が合致した際に，左右の外側に通りぬけた匹数の割合を求め，繰返しによる数理的処理によつて，有意な差異を求めるものである。

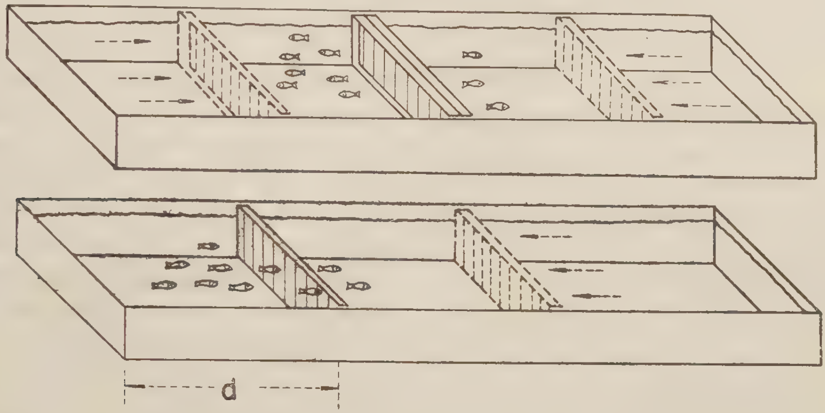


Fig. 1. Centralizing method (the above) and Driving to one side method (the below).

実験魚はキンギョ *Carassius auratus* 10 匹，体長 3.5～4.5 cm を用い，水槽は白色ペンキ塗り木製，長さ 150 cm，巾 26 cm，水深 8 cm である。色彩網としては木枠（巾 25 cm，高さ 10 cm）にビニール糸（管状，径約 1 mm）を 2 cm 間隔に縦に張つたもので，その種類としてはビニール糸の半透明無色，白，黄，緑，青，桃色，赤及び比較の為，無染色綿撚糸を張つたものを加えて 8 種類を用意した。これから，2 種類ずつ選んだ総べての組合せについて，各々 40 回繰返しを行なつて，左右の側に通りぬけた魚体の数を記録し合計した。(Table 1) これらの観測値について，カイ自乗検定を行なつた。起りうる確率を 5 %以内にとれ

Table 1. Effects of different colours using different combination by the centralizing method

Kind of frames	Semi-transparent	Yellow	White	white cotton thread	Green	Pink	Blue	Red
Semi-transparent		182 218	193 207	210 190	193 207	160 240	183 217	165 235
Yellow	10%		202 198	203 197	201 199	165 235	171 229	172 228
White	—	—		186 214	197 203	187 213	151 249	173 227
White cotton thread	—	—	—		202 198	182 218	165 235	168 232
Green	—	—	—	—		184 216	190 210	182 218
Pink	1	1	—	10	—		196 204	195 205
Blue	10	1	1	1	—	—		197 203
Red	1	1	1	1	10	—	—	

The right upper figure : Sum of values for forty experiment, of the fish moved to either side.
The left lower figure : Level of significance (%) of the chi-spuare test.

ば，$\chi^2 > 3.841$ であつて，有意となる場合の観察値の期待値との差を求めると，繰返し数 40 回では，有意水準 1 %で 200 ± 26，5 %で ± 20，10 %で ± 17 である。これより，得られた観察値について認められる有意水準を Table 1 に示した。尚，比較のために同種のビニール網枠の共に半透明無色のもので，得られた観察値は 205 ： 195 で有意差は全くみられないものであつた。

これらの結果によれば色彩の効果の差異が相当な信頼性をもつて示された。全般的には阻止効果の多い組，即ち，赤，青，桃色と少ない組，綿糸，白，黄，半透明とにわけてみることができる。

一端駆集法による色彩の効果

この方法は水槽の一端より網枠で魚群を他端に追い、魚が網枠を通りぬけて，（ここでは 10 個体の 3 匹

Table 2. The distances in cm. from the frame position of passage of fish to the side of tank in the driving to one side method

Repeat	Kind of frames								Repeat	Kind of frames							
	White cotton thread	Semi-transparent	Yellow	White	Green	Pink	Red	Blue		White cotton thread	Semi-transparent	Yellow	White	Grene	Pink	Red	Blue
1	21	48	41	21	26	8	19	18	21	26	16	15	14	12	29	10	9
2	15	48	11	12	14	11	12	8	22	13	12	13	12	11	17	12	13
3	20	12	26	52	32	7	13	24	23	18	8	11	7	5	7	5	7
4	6	41	42	43	36	45	12	27	24	16	14	15	13	6	10	8	7
5	48	14	23	18	9	18	9	27	25	19	20	27	45	18	18	16	12
6	38	14	7	24	8	33	15	16	26	8	6	10	18	6	19	14	7
7	7	20	15	11	10	11	10	15	27	9	22	26	48	13	6	14	6
8	10	8	14	15	13	10	15	14	28	11	16	6	37	11	7	20	6
9	20	12	7	12	30	5	6	7	29	42	13	16	9	7	5	7	5
10	34	20	8	6	7	7	6	11	30	6	17	12	10	10	9	8	7
11	20	8	40	25	7	18	6	8	31	12	10	13	23	15	10	17	8
12	7	21	10	11	22	6	17	7	32	11	8	13	11	30	11	6	10
13	6	65	21	13	8	13	8	11	33	15	11	35	23	10	9	5	14
14	18	16	13	15	13	12	7	10	34	21	10	12	16	14	6	7	7
15	16	12	10	23	11	6	8	12	35	17	7	15	9	10	10	8	15
16	9	12	13	39	9	7	11	11	36	11	15	14	11	12	10	8	8
17	8	8	40	13	9	7	10	15	37	9	9	13	8	10	8	9	8
18	21	16	27	9	18	8	16	16	38	10	10	11	14	10	9	10	11
19	14	23	44	17	14	6	10	9	39	11	13	9	10	10	11	9	8
20	15	7	20	36	20	30	9	20	40	9	13	10	30	24	11	10	6

Table 3. Percentages of numbers for 40 times, to drive fish in some range by each frame used

Distance from the position of frame to the side of tank	Kind of frames							
	White	Yellow	Semi-transparent	White cotton thread	Green	Blue	Pink	Red
Below 10 cm	32.5%	35	45	45	57.5	67.5	75	72.5
〃 15	60	67.5	75	65	75	87.5	80	95
〃 20	67.5	72.5	87.5	87.5	85	92.5	90	100
〃 30	82.5	85	90	90	97.5	100	95	—
〃 40	90	97.5	92.5	97.5	100	—	97.5	—
〃 60	100	100	97.5	100	—	—	100	—

目の通過を観測した)。他の側へのがれる時の網枠の位置を記録する方法である。(Fig. 1)実験材料はすべて前章と同じもので,各々の網枠について,40回繰返した観察結果は Table 2 の如くである。これらについて,各網枠ごとに 40 回繰返しの頻度分布を求めると Fig. 2. の如くで,図形によつて,各色彩の効果を比較判断することができる。又,結果から,水槽の或る位置まで,追い集め得た度数の 100分率を出してみると Table 3 の如くである。更に観察値の分布が偏在しているので,個々の観察値を対数になおして,各色彩における平均値及び標準偏差を求めて,駆集効果の順位を Table 4 に示した。これによると駆集効果の少ない色彩のもので,大体無染色綿糸と同程度であり,効果のよいもの,即ち,赤,桃色,青の網枠 (間隔 2.0 cm) では前報における綿糸間隔 1.5~1.0 cm のものに匹敵している。これからして,駆集する網では色彩によつて効果にかなり相違があることが立証された。次に各色彩間の平均駆集度について,その差の有意性を検討した。Table 5 の如く,組合せの約半数に有意差が認められた。このように阻止効果について,緑は中間的であるが,青,桃色,赤の一群と白,黄,半透明,綿糸の群との間には明確な有意差が得られた。

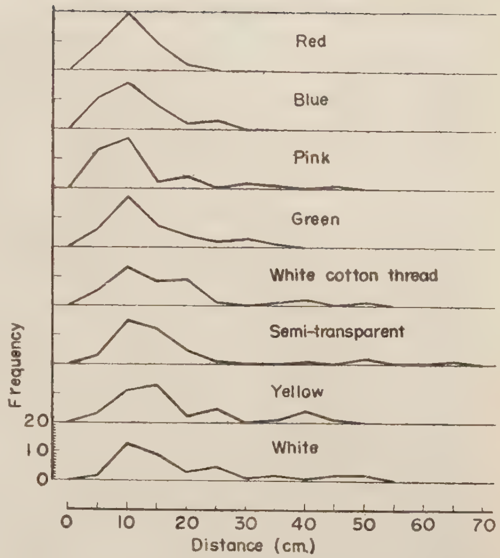


Fig. 2 Frequency distributions of 40 times for the effects of each frame by the driving to one side method.

Table 4. Mean values of driving efficiency by the driving to one side method

Kind of frames / Repeated for 40 times	White cotton thread	Semi-trans-parent	Yellow	White	Green	Pink	Red	Blue
Sum of measured values which were converted to common logarithm	45.65	45.81	47.65	48.53	43.50	40.54	39.59	40.57
Mean of the measured values	1.141	1.147	1.191	1.213	1.087	1.013	0.989	1.014
Standard deviation for the mean	±0.232	±0.239	±0.234	±0.247	±0.214	±0.232	±0.161	±0.189
Averages which were reconverted from the mean (cm.)	13.84	14.03	15.53	16.34	12.22	10.31	9.75	10.33
Order of driving efficiency	(5)	(6)	(7)	(8)	(4)	(2)	(1)	(3)

色彩ビニール網枠の水中可視距離

これは我々の肉眼で見た色彩感からであるが, 8種類の色彩ビニールの網枠が水中でどのように認識できるかを調べた。Fig. 3 の如く,実験水槽中で,鏡を用いて水中可視距離を測定した。水槽の状況は本実験の観察を行なつたままで,水は比較的濁つた状況で, 9月4日 12時,曇,水温 23.5°C に行なつた。その結果は Table 6 及び Fig. 4 の如く,より遠方で認めうる順位は黄,青,白,桃色,赤,綿糸,緑,半透明の順で,前述の二つの駆集法による色彩効果との間には関聯を認め難い。

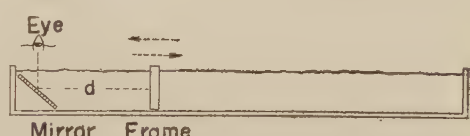


Fig. 3 Setting by eye observation of visible distances in the water for the frames.

Table 5. Test of significant difference between mean values of driving efficiency for 40 times by the driving to one. side method

Kind of frames	White	Yellow	Semi-trans-parent	White cotton thread	Green	Blue	Pink	Red
White		0.022 0.241	0.066 0.243	0.072 0.240	0.126 0.231	0.199 0.220	0.200 0.242	0.224 0.208
Yellow	—		0,044 0.237	0.050 0.233	0.104 0.224	0.177 0.213	0.178 0.233	0.202 0.202
Semi-trans-parent	—	—		0.006 0.236	0.060 0.227	0.133 0.216	0.134 0.236	0.158 0.105
White cotton thread	—	—	—		0.054 0.223	0.127 0.212	0.128 0.232	0.152 0.201
Green	5%	5	—	—		0.073 0.202	0.074 0.223	0.098 0.191
Blue	1	1	1	1	—		0.001 0.212	0.025 0.176
Pink	1	1	5	5	—	—		0.024 0.201
Red	1	1	1	1	5	—	—	

The right upper figure:

The above : Difference between mean values of two frames combined.

The below : Common standard deviation for the pair.

The left lower figure: Level of significance (%).

Table 6. Visible distances in cm. in the water for the frames

Repeat \ Kind of frames	White cotton thread	Semi-trans-parent	Pink	White	Red	Blue	Yellow	Green
1	45 cm	40	54	54	47	57	55	44
2	43	41	49	54	46	56	60	43
3	43	38	51	55	50	58	61	42
Mean values	44	40	51	54	48	57	59	43
Order of visible distances	(6)	(8)	(4)	(3)	(5)	(2)	(1)	(7)

駆集する網の色彩効果の検討

中央駆集法と一端駆集法とによる色彩効果は両者から，殆ど同様な結果が得られ，色彩の阻止効果が予期以上に明確になつた。

即ち，効果に差異の認められる色彩群は青，桃色，赤の組で駆集効果がよく，白，黄，半透明，綿糸の組では効果が少なく，これらの前者は色調の鮮明なものであり，後者は色の淡い不鮮明なものと見ることができる。

更に色彩効果について，色彩沈垣網[2]の結果とも合せて検討する為に，これらから得られた効果の程度を大，小，同等の記号で配置し，全般的な関係をみた。Table 7 の如く，これについて判断してみると (a) と (b) (c) とではエナメル板とビニール糸と材料が異なつているので，色彩のみについて一概に較べられ

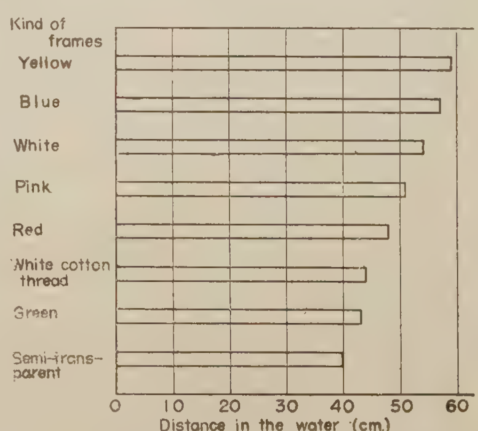


Fig. 4. Visible distances in cm. in the water for the model nets.

Table 7. Comparison on effects of colours among four experiments

(a) Stopping effects by tin plates enamel coloured as fencing net : White＝Blue≫Yellow＞Red≫Black

(b) Driving effects of coloured vinyle frames by the centralizing method : Red≧Blue≧Pink＞Green
≫White≧White cotton thread≧Yellow＞Semi-transparent

(c) Driving effects of coloured vinyle frames by the driving to one side method : Red＞Pink≧Blue＞Green＞White cotton thread≧Semi transparent＞Yellow＞White

(d) Order so far visible distances in the water of coloured vinyle frames : Yellow＞Blue＞White＞Pink＞Red＞White cotton thread＞Green＞Semi transparent

ないが，(a) は供試物が設置されて動かない場合であり，(b) (c) は供試物が移動して魚群を駆集している場合であるので，両者の色彩効果の順位が不同なのではないかと思われる。筆者は物体が動くか，動かないかは魚類に対して，その反応に大きな相違があるものと考えている。

(b) (c) の色彩ビニール網枠について，(a) の実験方法の如く，水槽の中央に設置して通過率を観察する方法を施行すれば，上記の点について検討できるわけであるが，予備的に行なつた実験では観察が困難で記録し得なかつた。これは色彩エナメル板と異つて，木枠に細いビニール糸を張つたのみであるために，刺戟が弱いことによると思われる。(d) の水中可視距離の順位は (b) (c) の順位とは殆んど無関係と見られるが，(a) の沈垣網の場合とは多少関係があるように思われる。即ち，より遠方から認識される色彩においては魚群の通過が低下するという関係は考えうることである。一方，魚群を追つて移動してくる物体に対しては，先天的に或る色彩をひどく怖れるということが魚類の感覚にあつてよいと考えられ，(b) (c) の結果からでは，赤や青の如く原色で鮮明な色彩に対して，警戒し，或いは駆集されやすいと考えてよいのではないかと考える。

魚類に及ぼす色彩効果は非常に微妙であるが，又，強い刺戟を与える場合も多く，これらに関して，更に多面的に考究をすべきである。

本報告の終りにのぞみ，終始，御指導を賜つた東大教授檜山義夫博士に深謝する次第である。

文 献

1) 草下孝也： 駆集網に関する二つの実験方法による網目の大きさ，本誌，**22** (11)，(1957)

2) 檜山義夫，草下孝也，近藤圭吉： 彩色した沈垣網の効果について，本誌，**22** (10)，(1957)

トビゴイに関する研究—III. Mode 附近の個体群の飼育及び仔魚の個別飼育の結果について

中村中六・笠原正五郎
（東京大学農学部水産実験所）

A Study on the Phenomenon of the Tobi-Koi or Shoot Carp—III. On the Result of Culturing the Modal Group and the Growth of Carp Fry Reared Individually

Nakaroku NAKAMURA and Shôgorô KASAHARA

Dealing with early stages of carp fry, we showed in previous reports that shoot carps are already recognizable among the 20 day-old fry of the same batch and that their occurence is fosterred by certain feeding conditions.

In this paper we have examined the occurrence of the shoot carp at the later stages, by culturing the modal groups of the 70-day-old fry from one batch and of one-year-old seed carp. In a modal group, which is obtained by excluding shoot individuals from among the fish having reared under the same condition, the original body length distribution is almost symmetric with a small standard deviation. When these modal groups are cultured for 3 to 12 months, their body length distribution becomes considerably skewed, evidencing that shoot carp have occured anew. And, shoot carp occur to a greater degree when the 70 day-old fry are cultured than in the case of the one-year-old carp.

Furthermore, individual carp fry of a batch are accommodated in separate vessels and reared with sufficient diet, for the purpose of examining their growth as absolutely unaffected by the mutual competition for diet. Under this rearing condition, growth of the fry is quite uniform ; in other words, no shoot carp occur at all.

These results endorse our view that food competition among individual fish is a causative factor of the phenomenon of the shoot carp.

緒　　　言

筆者等は前二報に於て，コイの仔魚が餌をとりはじめた初期の段階に早くもトビが現われ得るものである事[1]，大小不揃の餌料を与える場合は餌料の粒子組成を細かく揃えた時よりも，また餌量の不充分な場合は豊富な場合よりもよくトビが現われる事[2]を報告して，トビの出方は餌育条件によつて影響される所が多いのではないかとの考えを述べたが，今回は一度トビが現われた群についてトビを除いて Mode 附近の正規分布をなす個体群だけを更に飼育した場合の結果及びコイ仔魚を個別に小容器に入れ，充分な餌料を与えて飼育した場合の結果について報告する。種々御助言を賜つた松江所長，大島教授に感謝する。

実験方法及び結果

A. Mode 附近の個体群の飼育した実験

第1実験（当才コイ種苗の場合）

1954 年 5 月 27 日に孵化したコイ仔魚を約 2,000 尾，4坪のコンクリート池に入れて最初はミヂンコ，

1956 年 10 月 9 日受理

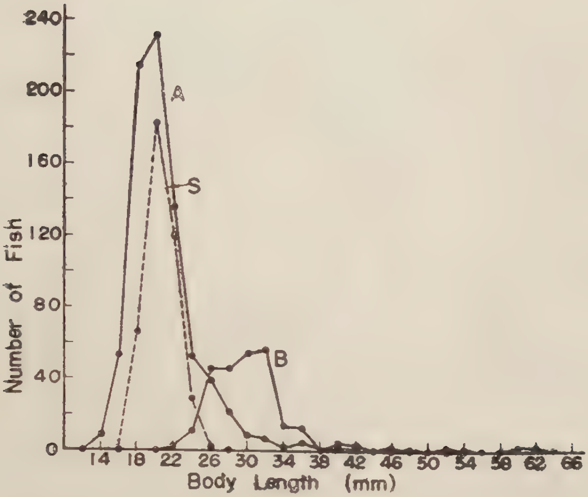


Fig. 1. Body length distribution of the carp fry from a batch.
A. 70 days after hatching, including shoot carps. SK＝+4.153 (Aug. 4, 1954)
S. The modal group obtained from the above by excluding shoot carps. SK＝+0.387
B. The above group after cultured for 3 months. SK＝+1.402 (Nov. 2, 1954)

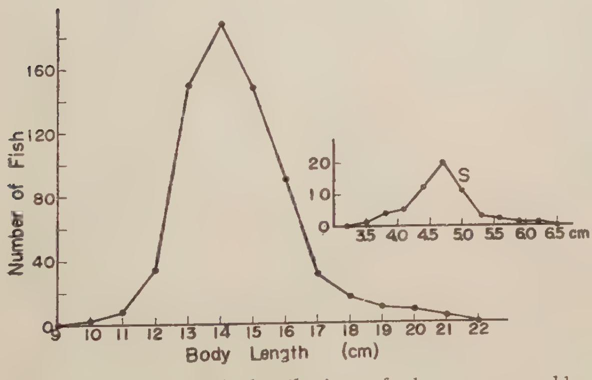


Fig. 2. Body length distribution of the one-year-old seed carp after cultured in pond No. 3 for 9 months (Apr. 13〜Jan. 9, 1948). SK＝+0.956
S. At the beginning of culture. SK＝+0.395

後には魚肉等を与えて飼育し，8月4日に全部を取上げて測定した所，残留尾数は787尾で，その体長頻度分布（Fig. 1 の実線（A））には著しいトビが現われている。

その中，同図に於て破線（S）を以て示す様な体長 18〜26 mm の範囲内の 400 尾だけを再び4坪池に放つて，魚肉等を毎日1回与えて約3ケ月飼育して見た。この飼育実験の始めの体長頻度曲線の歪度は +0.387 であつたが，11 月 2 日に取上げた結果は 253 尾生き残り，実線（B）で示す様に，明らかにトビの個体が現われており，歪度も＋ 1.402 となつている。

即ちトビが現われた後，そのトビを除いて魚の大きさを揃えてもその後の摂餌に於ける競争によつて再びトビが出るものである事が判る。

第2実験（2才種苗を飼育した場合）

毎年冬から春にかけてコイ種苗業者より購入して池に入れるコイは業者が何回もトビを除いてよく揃えて作つたものであるがこの様な2才種苗を池に入れても約半年か1年の後には，またトビが出る場合がある事は一般によく知られている。

今筆者等が実際に測定して飼育した 2, 3 の結果を示すと次の様である。

（1）1947 年6月3日　愛知県海部郡のS養魚場より購入した2才種苗 2,000 尾を当所の3号池（800 坪）に放つて殆んど無投餌のまゝ放置し，翌年1月8日に取上げ結果を見ると Fig. 2 の様である。放養当時の大きさは平均 4.67±0.13 cm（SK＝+0.395）であつたが期間中の成長，歩留は共に不良であつて取上げた時の尾数は 690 尾（34.5%）で，その体長平均は 14.52±0.13 cm（SK＝+0.956）であり，この中には明らかにトビと見なされる 21 cm 前後の個体が認められた。

（2） 1955 年3月 17 日に同じく養魚場より購入した2才種苗は平均 6.55±0.04 cm（SK＝+0.372）のものであつたが，その 380 尾を「3の4」号池（200 坪）に，アユ 600 尾と共に入れて，餌料として魚肉をその 1/7 量のメリケン粉及び蛹粉で練り合せたものを毎日平均 210 匁ずつ与えて約4ケ月間餌育した結果は Fig. 3 の様であつて，平均の大きさ（11.85±0.21 cm）に比してかなり大きい個体も見られ，トビが出ていると見られない事もないが，不明瞭である。(SK＝+0.567)。

（3） 1954 年に 4 号池（1,200 坪）で自生したコイ当才魚より 10.1〜13.9 cm の個体群 423 尾（平均 11.96±0.07 cm，SK＝+0.301）を選んで 1955 年1月3日に4号池に入れた。同池には 4 月上旬より 50 貫のウナギを放養し，これの餌として4月より 11 月迄の間に約 1,480 貫の魚肉を与えたが，このため，コ

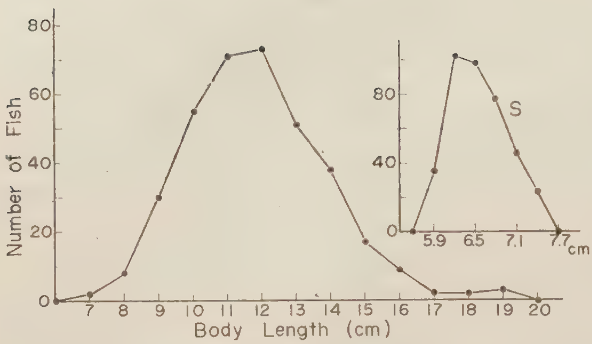


Fig. 3. Body length distribution of the one-yea-old carp after cultured in pond Nos. 3—4 for 4 monrths (Mar. 17～July 13, 1955). SK＝＋0.567
S. At the beginning of culture.

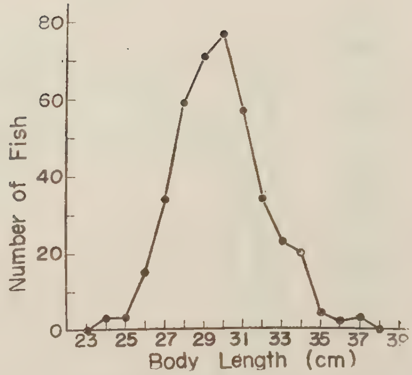


Fig. 4. Body length distribution of the one-year-old seed carp after cultured in pond No. 4 for 12 months (Jan. 3～Dec. 22, 1955). SK＝＋0.352

イの成長は極めてよく，12 月 22 日に取上げた結果は Fig. 4 の如く平均 29.86±0.22 cm, SK＝＋0.352 (歩留 95.5%) となつていて，トビは現われていない。

B. コイ仔魚の個別飼育実験

孵化直後のコイ仔魚を 1 尾宛個別に小容器に入れ，各容器の水温その他の条件を揃えて約 20 日間飼育した。飼育容器は径8.7 cm，深さ 6.5 cm のガラスシャーレ 100 個で水約 250 cc 宛を入れ，その全部を 121×121×24.5 cm の木製水槽中に設けた台上に並べ，大水槽の一端より少しずつ水を流して全部の容器の水温の変動を少くした。

コイ仔魚は♂♀1 尾宛の交配によつて得たものを用い，その 1 尾宛をその容器に収容して細かいミヂンコを常にあり余る位に与えた。また同じコイ仔魚 100 尾を径 50 cm の蓮甕に約 25 l (250 CC×100) の水をはつた中に入れて餌料に対する競争を行わせる実験をも同時に行い，これも水温を揃える為に前記の大水槽中に一緒においた。

第 1 回実験

1955 年 5 月 20 日に孵化した仔魚 (♂38.0 cm，1,330 gr：♀40.8 cm，1,720 gr) を用い，5 月 25 日に開始した。6 月 8 日に実験装置不備の為に甕の魚が逸脱し測定不能となつたので個別飼育の方の魚だけ取上げて測定した結果を示すと Fig. 5, A の様である。即ち個別に飼育して競争のない場合はトビは出ていない事が判る。

第 2 回実験

5 月 28 日に孵化した仔魚 (♂36.6 cm，1,250 gr：♀30.4 cm，740 gr) で，約 10 日間殆ど無投餌に放置してあつたものゝ内よりよく揃つたもの 248 尾を選び，100 尾を個別に，他の 100 尾を甕に入れて 6 月 8 日より飼育を始め，別に 48 尾を測定して実験開始当時の大きさとした。その後 15 日間 (水温 22～24°C) 飼育した結果は

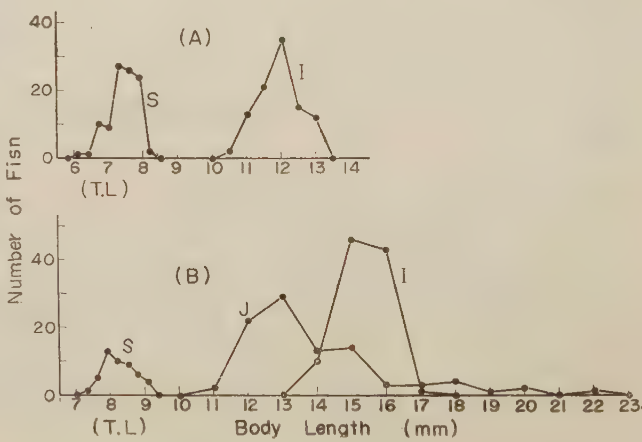


Fig. 5. Body length distribution of the carp fry born in a batch and reared individually and in aggregation.
(A) Experiment 1. (May 25～June 8, 1955)
S. At the beginning of rearing. SK＝＋0.224
I. After reared individually. SK＝＋0.042
(B) Experiment 2. (June 8～23, 1955)
S. At the beginning of rearing. SK＝＋0.224
I. After reared individually. SK＝－0.461
J. After reared in aggregation. SK＝＋1.555

Fig. 5, B の様で，個別の方（I）はよく揃つているのに甕の方（J）には著しいトビが出ている。

こゝに小容器中で飼育する場合，運動量その他に関連して容器によつて成長が抑制されるという事も，魚が或程度以上の大きさに達すると当然考慮しなければならないので，本実験と平行して別に径 23 cm（3 l），14 cm（1 l）及び 8.7 cm（250 cc）の大中小三種の容器を用い，中に1尾宛の仔魚を入れ夫々充分量の餌料で飼育してその成長を比較する実験を2回行つた。その結果は Fig. 6 の様に 15 日間の飼育では容器の大小による差が殆ど見られない事が明らかになつたので，上述の個別飼育の場合には容器の大きさについて問題にする必要はない。

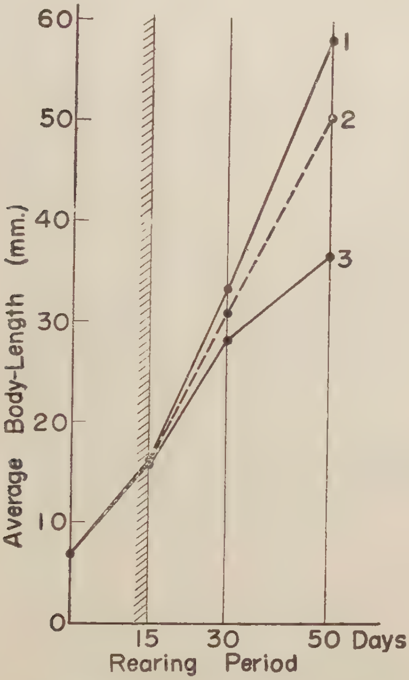


Fig. 6. Growth of the carp fry reared individually in the vessels of different size.
Size of vessel: 1=3,000 c.c. 2=1,000 c.c. 3=250 c.c. (Same vessel size as in (A) I and (B) I of Fig. 5)

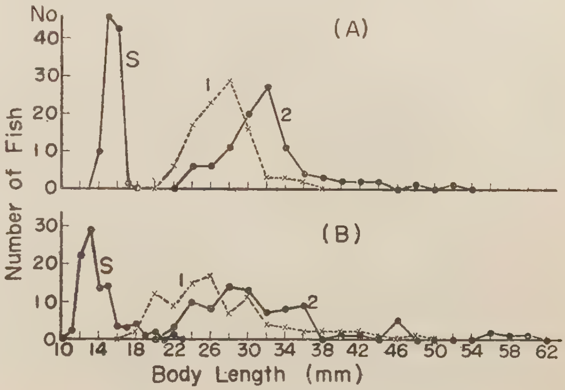


Fig. 7. Change in the body length distribution of the carp fry from one batch during prolonged aggregated rearing, indicating the increased skewness due to food competetion.

(A) The fry which had been reared individually. S (=(B) I of Fig. 5). At the beginning of aggregated rearing. June 24, 1955. SK=−0.461
1. After 25 days' rearing. July 19, 1955. SK=+0.550
2. After 101 days' rearing. Oct. 3, 1955. SK=+1.346

(B) The fry which had been reared in aggregation. S (=(B) J of Fig. 5). At the beginning. June 24, 1955. SK=+1.555
1. July 19, 1955. SK=+1.119
2. Oct. 3, 1955. SK=+1.617

次に6月 24 日に第2回個別飼育実験の終了後，その全個体及び甕で競争させた群飼育の全個体を夫々別の1坪池に移し，ボーフラ，魚肉等を不充分な程度に与えて飼育して，その後の体長分布が如何に変化するかを見た。7月 19 日及び 10 月 30 日に全個体の体長を測定した結果を図示すると Fig. 7 の様である。これを見ると，最初個別飼育を行つた結果トビが全く出ていなかつた群では7月 19 日には未だ個体による体長の差異がやゝ大きくなつた程度であるが，10 月 3 日になると明らかにトビの個体が現われている。また最初から甕で一緒に飼育されてトビを生じていた群の方では，その最初の飼育期間中に決定されたトビの現象は更に明瞭になり，分散が一層大きくなつている事が判る。

考　　　察

以上の実験を見ると，トビを除いて Mode 附近の個体群だけを飼育した場合にも再び トビ が出得る事及びコイ仔魚を甕の中で一緒に飼育すれば比較的短時日でトビが現われるのに，それと同じ仔魚を1尾宛個別に飼育した場合は全くトビが出ないという事が明らかで，これ等は摂餌に於ける競争がトビの出る重要な動機となるとの筆者等の考えを裏づけるものと言えよう。唯，Mode 附近の個体群だけを揃えて飼育する時，揃えた種苗の大きい程（年令を含めて）トビの出方が少い事及び十数日間個別飼育を行つて全くトビが出て

いなかつた個体群をその後一緒に飼育するとその内からトビが出て来るが，それには相当の日数がかゝるという事の原因としては飼育期間中に於ける成長度の大小とか，各個体の大きさと餌料との関係から競争がそれ程激しくはない事等二，三の事が考えられる。但しこれに関する資料も少いので，これ等の吟味は将来に残し，今回は唯事実の報告に止めたい。

次に餌料の量の及ぼす影響については，2才種苗飼育の第2実験の3例に就て，飼育期間が不同であるが，(1)，(2)，(3)の順にトビの現われる程度が減少しているのは(1)の実験(1947)には全く無投餌でコイは池中の天然餌料のみに依存して成長しているのに，(2)，(3)の実験(1955)の場合には相当量の魚肉が与えられている事が主な原因となつているものと思われ，この事は餌料の量が多い時は少い時に比べてトビの出方が少いという第2報の結果と一致する。

更にこゝに附記したい事は，飼育に於ける生残率の問題である。餌料の不足及びその他の環境要因の悪条件に際して，仮に体の小さいものが多く死亡するとすれば，唯それだけで分布曲線の歪度は ＋ の方向に大きくなつて，その見かけ上はトビの現象に似たものになるであろうし，また上記の例についても生残率の小さい場合にトビの現象が著しいが，この関係はこれだけの資料では何とも言えないので今後に於て更に吟味して見たい。

要　　　約

(1) 飼育の結果トビが出たコイ稚魚の群より，トビを除いて Mode 附近の個体群だけを更に飼育するとまたその中よりトビが出る事がある。

(2) その場合，当才稚魚の場合の方が2才種苗の場合よりトビの現象が明瞭であり，また餌料の量や飼育密度もトビの出方に関係する。

(3) 甕の中で多数のコイ仔魚を一緒に飼つて餌料に対する競争のある場合はトビが出るのに，それと同腹，同数のコイ仔魚を1尾宛別の容器で夫々充分に餌料を与え無競争の状態で飼育するとトビは出ない。

(4) その個別飼育の群もその後一つの池に一緒に飼育すると数ケ月の内に明らかにトビが現われる。

文　　　献

1) 中村中六・笠原正五郎：　トビゴイに関する研究—I，トビの現われる時期に就いて，本誌，21，(2)，(1955).

2) 中村中六・笠原正五郎：　トビゴイに関する研究—II，餌料の粒子組成と量の影響，本誌，21，(9)，(1956).

鱗の脱落再生の原因に関する一考察 特にレンコダイ *Taius tumifrons* について*

青 山 恒 雄
(西海区水産研究所)

On the Regeneration of the Teleost Scale, with Special Reference to the Yellow Sea Bream, *Taius tumifrons*

Tsumeo Aoyama

Observing the ratio of regenerated scales to the total ones (the apparent regeneration ratio of scales), and the estimated age when the scale had been regenerated, the writer was able to make clear the following facts. The samples dealt with in the present paper were about 263 yellow sea bream caught in the East China Sea, during the term from November 1951 to October 1952.

1. The median value of the apparent regeneraton ratios of scales of each age class increases by about 6 percent per age. The maximum value observed is 76.5 percent, while the minimum one is 0.8 percent. (Table 1, Fig. 2).

2. Polya-Eggenberger type distribution is approximately applied to the frequency distribution of the apparent regeneration ratio of scales in each estimated age stage. No significant difference is observed in this ratio between the north and south areas, sexes, and among ages of samples, regarding 2 and 3 age stages.

3. The ratio of number of samples carrying no regenerated scale to the total number of those shows a relatively high value of 6.8 percent at 0 and 1 age stage, but is less than 3 percent at 2 aged one and older. (Table 2).

4. The average regeneration ratio of scales is 4.5 percent at 0 and 1 age stage, 4.9 percent at 2 aged one and more than 6 percent at 3 aged one and older. (Table 3).

5. Synthesizing above mentioned facts and other ecological and morphological knowledge on the present fish, it will be concluded that the scales of this species fall off more frequently by some physiological causes rather than the mechanical ones.

魚の再生鱗の形態については多くの記載があり，実験的に再生させたものについての観察も少くない。崎山[6]はフナで，森[15]，武部[10]，鈴木[9]は金魚について，又小林[4]はコイ，フナ，鉄魚で人工的に鱗を剝離したあとに鱗が再生される状態を観察している。

鱗の脱落が起る原因としては，漁具や害敵による損傷，逃避や斗争，或は生殖行為等の強烈な運動や摩擦による物理的原因と，疾病や寄生虫害等による病理的原因，更には成長と関連して必然的に起るいわば，脱皮にも類した生理的な原因等が考えられる。市川[1]はマハゼの腫腸部分からえた特殊な形態の再生鱗について報じ，Creaser[13]は鱗の局部的な再生について論じてはいるが，再生の原因に重点をおいて論究したものはないようである。

通山[11]は底魚類の鱗の脱落は漁具による損傷が主原因であろうと想像し，再生鱗の出現率を魚が漁具に遭遇する機会の多寡をみる一つの目安としている。同氏は又再生鱗の鱗紋から再生時期を逆算して再生時期の頻度を求め，始めて漁獲される体長附近からその出現頻度が減少することに基き，脱落原因は若年魚が網目を抜ける際の摩擦傷害によると見るのが妥当であろうとしている。

1956 年 12 月 25 日受理
* 西海区水産研究所業績第 73 号，昭和 31 年 10 月 日本水産学会九州支部大会にて講演

筆者はレンコダイ（キダイ）*Taius tumifrons* (Temminck & Schlegel) を扱つているうちに鱗の脱落は何か生理的な原因によるような感じを受けるようになつたので，この点の研究のために以下の観察を行つた。稿を進めるに先立ち，種々御助言を賜り多大の御協力を戴いた西海区水産研究所資源部レンコダイ・グループの真道重明技官，北島忠弘氏ならびに外垣信智氏に深謝する。

材料および方法

この研究に使用した魚体は，1950年秋以来西海区水産研究所が行つて来た東海黄海底魚資源調査の計画により，精密測定用に採取されたレンコダイの中から適宜に抽出されたものである。

標本個体の諸測定が終了したあとで，右体側* の軀幹および尾柄部の鱗を全部剝ぎとり，苛性カリ稀釈溶液に1昼夜浸漬した後，充分に水洗し乾燥して保存した。こうして 1951 年 11 月から 1952 年 10 月迄の期間に集められた 263 個体の鱗を 1955 年 8 月～10 月に一気に調査した。

測定の方法は，先ず乾燥した鱗を水に浸して 2～3 日放置して充分柔らかくなるのを待ち，これを大型シャーレの中で水と共に良くかきまぜた後，ほゞ等分した4群に分け，ランダムにその一群をとり出しその全数について先ずルーペにより正常鱗と再生鱗とを計数しながら分け，数枚の正常鱗について年令を査定し鱗紋の特徴を明記した後，個々の再生鱗について再生時期を判読した。

研 究 結 果

レンコダイの正常鱗と再生鱗の形態　この魚の鱗は頭頰部，鰭基部等の特殊な部位のものを除き，五角形に近い形状の櫛鱗である**。正常鱗（Fig. 1.—A）では焦点（focus）は被覆部と露出部との境界線の略々中央に位置するが，露出部は狭いからかなり後縁に偏つている。焦点から前縁にむけて数条ないしは 10 条内外の溝条（groove）が放射状に走り，露出部以外には隆起線（ridge）が刻まれている。隆起線は側域（lateral area）では鱗の縁と交わるがその他では周縁に略々平行に走つている。

再生鱗は焦点がなく広い中心域（central field）を持つていることで容易に判別される。全体の形は再生時期により異なり，幼時に再生されたものは正常鱗に近く，近い過去に再生されたもの程異状の程度が著しい。これらを模式的に図示すると Fig. 1.—B, C, D となる。B は初期に再生されたもので一見したところ正常鱗と大差ないが焦点が拡大されている。この魚では成長につれて鱗の焦点附近が肥厚して隆起線はやゝ太くなり鱗紋が不明瞭となつてくるから，こうしたものを再生鱗と誤判する可能性があるが，再生鱗では溝条の基部が収斂性を示さないからこの点に注目して判別した。然し後述の結果によるとかなりの誤判があつた模様である。

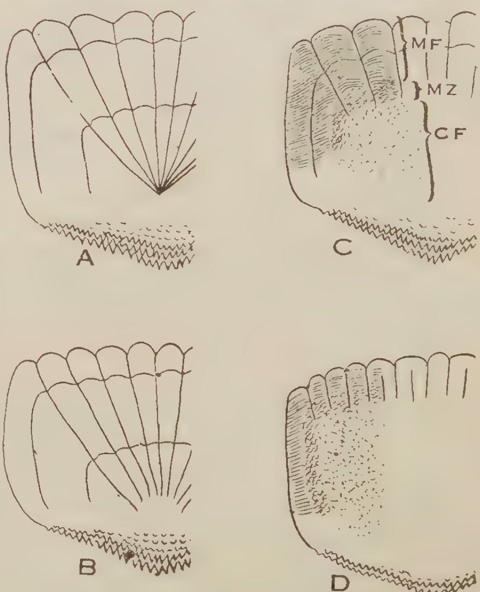


Fig. 1 Diagramatic drawings of ordinary and regenerated scales of the yellow sea bream. A, ontogenetic scale; B–D, regeneratted scales. **CF**, central field; **MZ**, median zone; **MF**, marginal field.

Fig. 1.—C は最も普通の型の再生鱗で，広い中心域は粒状の隆起が一様に分布しており肉眼的には無鱗紋である。この中心域と周辺域（marginal field）との中間では粒状の隆起が線状に連なり，不規則に配列された不連続の隆起線となつている。この部分を中間帯（mediam zone）と名付ける。中間帯の外側は正常鱗と同様の鱗紋を持つ周辺域となつている。コイ，フナや金魚にみられる中心域の網状溝

* 指定採鱗部位が左体側にあるので右体側を選んだ。
** レンコダイの鱗の形態の詳細については北島，青山，真道[2] を参照されたい。

条 (net-work focal groove) はみられず，溝条は中間帯と周辺域との境附近から始めて現れる。Fig. 1.—D は大部分を占める中心域と中間帯および僅かに周辺域を持つており，この状態のものは極めて薄く柔弱で，再生後間もないものと考えられる。

再生鱗の生成　金魚の再生鱗の形成過程については森[15]，武部[10]，NEAVE[16]，鈴木[9] 等の詳しい報告があり，鈴木は再生鱗が 180 日後には正常鱗と殆んど同一の形状になる事を確かめ，自然状態において鱗が離脱した場合，半年か 1 年で全く正常鱗と区別出来ぬ迄に再生されるであろうと推察している。この事は鱗の成長は薄層を下面に添加する形で行われるとする従来の説からは理解し難いことであるが，或は鱗の刻彫となる隆起線や溝条は一旦形成された後も除々に再形成され，又は無鱗紋部(再生鱗の中心域)にも形成されて行く事があるのかも知れない。既に形成された刻彫に極く軽い変化が起ることはレンコダイでも気付かれてはいるが，再生鱗の中間帯，更に中心域にむけて正常鱗に類似した刻彫が拡げられて行く事を考える根拠は全くない。なおコイ，フナ及び金魚等の再生鱗とレンコダイのそれとを比較すると，前者では中心域に網状溝条がみられるのに対し，後者ではこれがなく，両者の再生鱗の生成の仕方の差異が網状溝条と無関係ではないように見られる。若し，再生鱗が正常鱗と殆んど同じ状態にまで形成されるようなことがあれば，それら再生鱗の鱗紋が正常鱗のそれに一見相似していながら相同ではないから，鱗による年令査定や諸測定に非常な支障を持ちこむ——或は現在持ちこんでいる——ことになるわけである。

Table 1. Apparent regeneration ratios of scales of the yellow sea bream

Sample			No. of Samples	Apparent regeneration ratio		
Area	Age	Sex		Max.	Med.	Min.
S	1	?	6	15.1	7.8	1.2
S	2	♂	5	14.2	9.1	1.5
		♀	23	37.1	13.7	5.1
		?	8	26.6	9.0	5.3
S	3	♂	13	37.1	15.1	6.4
		♀	50	44.6	17.4	4.5
		?	1	—	15.7	—
S	4	♂	21	39.9	22.4	13.1
		♀	23	50.0	19.4	9.6
		⚥	1	—	23.6	—
S	5	♂	22	76.4	36.2	14.5
		♀	9	53.9	37.8	22.9
		⚥	2	19.9	—	15.9
S	6	♂	9	60.0	48.3	17.0
		♀	4	30.7	26.4	22.7
S	7	♂	1	—	47.1	—
		♀	1	—	12.0	—
		?	1	—	63.0	—
N	1	?	8	22.5	5.2	0.8
N	2	?	2	10.5	—	7.3
N	3	♂	3	19.1	15.7	14.5
		♀	7	15.3	12.4	7.1
N	4	♂	4	47.3	24.5	17.8
		♀	9	41.6	19.4	10.3
N	5	♂	3	31.3	28.5	27.9
		♀	5	31.6	21.1	18.5
N	6	♂	2	51.1	—	21.6
N	7	♂	1	—	34.8	—
?	1		1	—	2.5	—
	2		3	14.4	11.8	4.4
	4		7	63.1	27.6	14.9
	5		7	53.1	37.2	22.8
	6		1	—	64.3	—

本研究ではレンコダイの再生鱗の刻彫を次のように解釈して推論した*。即ち，Fig. 1.—C, D に示される中心域は脱落した後に最初に再生された薄層を示す部分であり，中間帯は以後相対的に速い成長速度で他の鱗の成長を追うた部分であり，周辺域は他の鱗の成長に追いついた後の成長を示す部分であろう。実際に周辺域の鱗紋は正常鱗のものと全く同一のようにみられる。

再生鱗出現率　個体毎の再生鱗の出現率を，標本個体の年令別に，最大値，中央値，最小値で示すとTable 1 となる。同表で漁場 S，N は夫々 31°N 線の南北の東シナ海漁場を示し，Nは五島列島西の近海漁場が，Sはそれ以南の大陸棚縁辺海域が主である。又全資料を集計して同様の値を示したのがFig. 2 である。同図から年令が1才増すごとに中央値がほゞ6％づつ増していることがわかる。全資料中再生鱗出現率の最高は 76.4％ で，南漁場でとられた体長 242mm の雄であつた。又最低は 0.8％で北漁場でとられた体長 102 mm の幼魚についてであつた。全く再生鱗のみられぬ個体は皆無であつた。

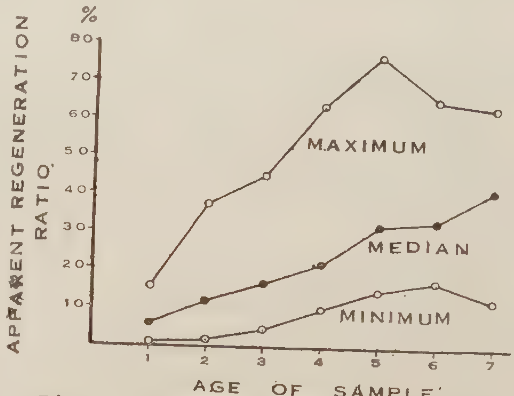


Fig. 2. Maximum, median and minimum values of the apparent regeneration ratios of scales of the yellow sea bream.

再生鱗の年令別発生率　前節に全再生鱗の出現率をみたが，次に各1成長年次間毎のそれを推定した。前述したように再生鱗の周辺域の鱗紋は正常鱗のそれと同一とみられる事，又一般に，中心域，中間帯の形成には長期間を要しないとされる事とから，周辺域の鱗紋を外から内に逆に読んで再生時期を推定した。

各個体につき個々の鱗が何才の時再生されたかを観察し，各年令における再生鱗の出現率の頻度分布を求めると Fig. 3 となる。この分布は 12～14％以上を除いて大体 Polya-Eggenberger 型に近似している。分散分析を行うため G. Beall[12]) にならい Tippett の逆双曲線函数変換**を行うと分布型は0を除き略々正規型となつたから0を除いて平均値を求め，再生鱗平均出現率を逆算した。(Fig. 4)

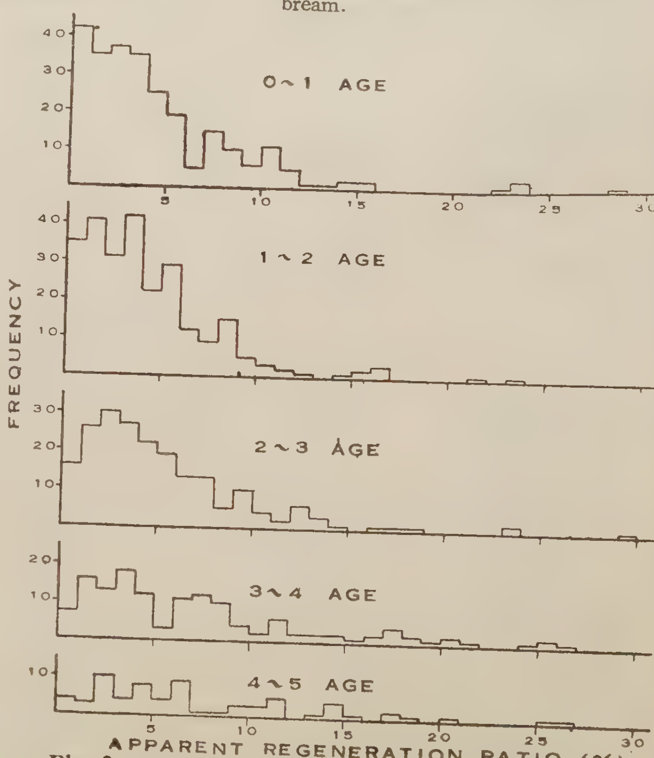


Fig. 3. Frequency distributions of apparent regeneration ratios of scales of the yellow sea bream.

再生鱗の出現率0のものを除いて計算しているからこの点の検討を先ずしよう。各年令毎に，再生鱗のみられなかつた個体の出現率を計算すると Table 2 となる。個体の年令別にみると標本数が少く値がかなり大きくふれており詳細については言及出来ないが，大体再生鱗のない個体がみられるのは

* Creaser[13]) の bluegill に関する解釈と略々同様である。
** $x' = K^{-1/2} \sinh^{-1}(Kx)^{1/2}$,　　$K = (s^2 - \bar{x})/\bar{x}^2$

0, 1 才までゝあつて，2 才からは非常に少くなつている。次に再生鱗のない個体の割合と，それらを除いた個体についての上述の再生鱗平均出現率とを対比してみると，1 才では弱い逆相関があるようにも見えるが大体無相関のようである。

次に，一度再生した鱗が再び脱落する事の難易が問題となるが，この点についての知見は全くない。今再生鱗も他の鱗と同じ確率で脱落するとすれば，或る年令における再生鱗出現率は標本個体が高令のもの程低くなる筈である。こゝで Fig. 4 をみると 0 才を除き高令のもの程下降する傾向を示しているから一度再生した鱗も亦脱落することがあると見てよいようである。その程度についてはわからないがほゞ正常鱗と同じであろうと仮定して，Fig. 4 の出現率を修正して Table 3 を得た。同表によると

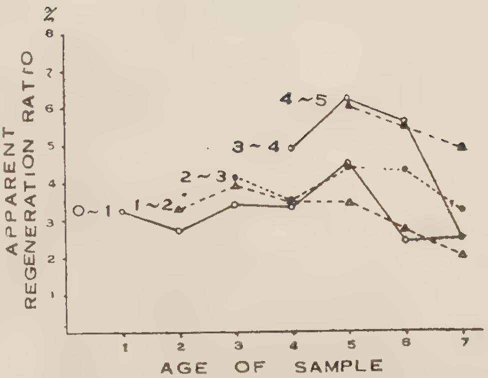


Fig. 4. Apparent regeneration ratios of scales of the yellow sea bream.

Table 2. Ratio of number of samples carrying no regenrated scale to the total number of samples

Age when regenerated	Area		Sex		Age of sample							
	South	North	Male	Female	1	2	3	4	5	6	7	Total
0～1	7.50	6.82	9.38	5.30	6.25	17.07	5.41	0	8.33	6.25	*25.00*	6.84
1～2	5.67	8.33	8.33	6.06		7.32	5.41	9.23	6.25	6.25	*0*	6.85
2～3	1.90	8.82	2.20	3.65			4.05	0	2.08	12.50	*0*	2.90
3～4	1.06	0	1.33	0				0	0	6.25	*0*	0.75
4～5	2.04	0	2.27	0					2.08	6.25	*0*	2.94
5～6	6.25	*0*	0	*20.0*						6.25	*0*	5.00
Total	4.50	5.92	5.05	4.44								

Italic figures show that the number of samples, from which the average are derived, are less than five.

Table 3. Regeneration ratio of scales of the yellow sea beam

Age when regenerated	Area		Sex		Age of sample							
	South	North	Male	Female	1	2	3	4	5	6	7	Total
0～1	4.5	4.4	4.0	4.7	3.3	2.8	3.7	3.9	5.6	3.3	*3.0*	4.5
1～2	4.4	5.5	4.4	4.5		3.3	4.1	4.0	4.1	3.5	*2.3*	4.5
2～3	4.8	4.9	5.8	4.1			4.1	3.7	5.0	5.3	*3.6*	4.9
3～4	5.8	4.6	7.7	4.7				4.9	6.6	6.5	*2.7*	6.0
4～5	6.2	5.3	8.0	4.7					6.1	6.0	*5.2*	6.3
5～6	5.8	*11.0*	8.6	*2.6*						7.9	*3.6*	6.8
Mean	5.25	5.95	6.42	4.22	3.30	3.05	3.97	4.13	5.48	5.42	*3.40*	5.50

Italic figures show that the number of samples, from which the average are derived, are less than five.

Fig. 4 の右下りの傾向がかなりよく消されており再生鱗の脱落が正常鱗と同様に行われるだろうという仮定を支持しているように思える。この修正値を再生率としておこう。

平均再生率は 0, 1 才では 4.5 %, 2 才では 4.9 %であるが 3 才以後は 6 %以上に上昇している。Table 2

と同様の表を，漁場別雌雄別にも作成してみたが，南北漁場間では殆んど差がなく，雌雄間では 0，1 才では差がないが，以後雄では値が急に上昇するのに対し，雌では殆んど不変である。

資料のとり方や資料数にも問題があるので細かい検定は行わなかつたが，1才と2才とについて再生鱗出現率を分散分析した結果では，漁場間，雌雄間，および標本個体の年令間には有意な差はみられなかつた。

当才時の再生鱗出現率は標本個体が高令であ程高くなつているようにも見えるがこれは前述したように高令になると焦点附近の鱗紋が不明瞭となる現象による誤読の結果を含んでいるように思われる。

論 議 及 び 結 論

資料数が不充分なため，憶測のそしりは免れないかも知れないが，本種に関する知見と上述の結果とを綜合して，鱗の脱落の原因について考えてみよう。

本種は中部日本以南の大陸棚縁辺沿いに分布しており移動性の弱い底棲魚で，東シナ海のものについても顕著な洄游は示しておらず，成長に伴つて魚群の一部分は棲息域に若干の変化を来す程度と考えられる。始めて底曳網漁業の漁獲物に現れるのは0才後期から1才にかけてゞあるが，それ以前のものが漁獲されないのは，生態を異にする為か漁具を抜ける為か現在まだ明言出来ないが，この漁業に使用されている網目がコッド・エンドでダブル・トワインの2寸内外である事から考えて恐らくは生態を異にするためであろうと考えられる。この魚の鱗は非常に強靱であり，着生も強固であつて機械的な力による脱落は起り難いように思われる。実際に底曳網に捕獲され，クォーター・ロープでつり揚げられた網から甲板に叩き出された状態のものでも，鱗の脱落は余り気付かれない程である。

一方本種が性的成熟に達するのは満2才である。体長一頭長，体長一体高の相対成長をみると1才後期附近に成長屈折がみられる。(真道・青山[8]) 又鱗の諸測定値と体長との相対成長でも2才の始めないしは後期にやはり成長屈折がみられる。(真道[7]) これらの事実と前述の二つの結果，すなわち再生鱗出現率0の個体が相対的に多くみられるのは0および1才時である事と，もう一つは再生率が2才から上昇する事とを考えあわせて次の結論を導くたとが出来よう。すなわち，本種の鱗の脱落は魚体の成長と関連しておこるいわば一種の脱皮にも類した生理的な原因に，かなりよつていると考えてよいようである。それが具体的にどんな機構でおこるかという事は，漁具との遭遇その他の機械的原因による脱落の問題と共に，尚今後の課題として残したい。

文 献

1) 市川龍資：魚雑，**3**，188 (1954).
2) 北島忠弘，青山恒雄，真道重明：西海区水研，底魚資源調査研究連絡，**24**，91 (1956).
3) 小林久雄：魚雑，**1**，175 (1950).
4) 　　　　：魚雑，**1**，226 (1951).
5) ———：魚雑，**1**，300 (1951).
6) 崎山　徹：植及動，**11**，922 (1943).
7) 真道重明：西海区水研研報，**5**，47 (1954).
8) 真道重明，青山恒雄：西海区水研研報，**3**，34 (1954).
9) 鈴木　亮：魚雑，**2**，192 (1952).
10) 武部　啓：動雑，**45**，457 (1933).
11) 通山正弘：南海区水研研報，**3**，65 (1956).
12) Beall G.: *Biometrika* **32**, 243 (1941—42).
13) Creaser C. W.: *Miscel. Publ.*, **17**, Mus. Zool., Mich. Univ. (1926).
14) Mori Yasumasa: *J. Zool., Inst. Fac. Sci., Tokyo Imp. Univ.* **2**, 185 (1931).
15) ———: ibid. (14), 195 (1931).
16) Neave F.: *Quart. J. Microscop. Sci.* **81** (N.S.), 541 (1940).

養魚池水溶存酸素量の日中変化と植物プランクトン密度、魚の飼養密度及び日射量との関係

板 沢 靖 男
(名古屋大学農学部水産学教室)

The Diurnal Variation of the Oxygen Content of the Fish-Culture-Pond Water

Yasuo ITAZAWA

The diurnal variation of the oxygen content of the fish-culture-pond water was observed. The oxygen content was determined by the carbon dioxide method. The density of phytoplankton was estimated by means of the transparency that was determined by NAKAMURA's small white disk. (cf. the note of Fig. 1.).

1) Generally speaking, the dissolved oxygen content, throughout the year, was at minimum toward sun rise, after which an increase took place, reaching the maximum value at 2—3 hours before sun set, from then a decrease took place until the next morning (Fig. 1—5). But in the early morning, being short of the solar radiation, the decreasing tendency lasted for some time after sun rise. This phenomenon was remarkable at the bottom layer (Fig. 1.—B).

2) The higher the density of phytoplankton was, the wider the range of the diurnal variation of the oxygen content was (Fig. 1.—5). In the case of the pond water having a low density of phytoplankton, the level of the oxygen content was low throughout the day (Fig. 2.) As to the pond water containing an excess of phytoplankton, the level was extraordinarily high at the maximum and a rapid decrease took place during the night (Fig. 3.). In both cases, the fish presented symptoms of dyspnoea owing to the lack of the dissolved oxygen early in the morning. As for the pond water having a moderate density of phytoplankton, the level of the oxygen content was high throughout the day (Fig. 1. —A, B).

3) The larger the fish population was, so far as it was whithin a certain limit, the wider the range of the diurnal variation of the oxygen content was (Fig. 5. and Table 1.).

4) There was a positive correlation between the oxygen increment and the amount of the solar radiation during the period (Fig. 6. and Table 2.).

養魚池に於ける水中溶存酸素量の日中変化に関しては，川村[1]，大島[2]，渡辺[3]，滝川・杉田[4]，池末[5] 及び川本[6] 等の観測的研究があり，この外にも条件の類似した水域に於ける同様な研究として倉茂[7)8)9]，清水・深津[10] 及び SMITH[11] 等，実験的研究として倉茂[12] 及び杉浦[13] 等，理論的研究として杉浦[14]，異水塊の混合する特殊な水域に於ける観測例として MIYAKE[15] が挙げられる。これら諸家の研究により水中溶存酸素の日中変化に関しては既に多くの貴重な知見が得られている。

しかし植物プランクトン密度との関連に就いては，倉茂[9] 及び杉浦[13)14] が詳しく論じているが，実際の養魚池に於いては川村[1] 及び渡辺[3] の外は殆ど触れていない。又日射量との関係も倉茂[7)8)9)12] 及び杉浦[13)14] の詳細な研究があるが，実際の養魚池に於ける観測例はない。なお著者[16] は植物プランクトンを多量に含む水に WINKLER のヨードメトリーによる酸素定量法を適用するとかなり大きな誤差を生ずる恐れがあり，WINKLER—菅原の炭酸ガス誘出法又は VAN SLYKE の検圧法を用いれば特定の誤差を生じない事を報告したが，上記諸家の研究は検圧法を用いた川本[6] を除いていずれもヨードメトリーによつている。

1956 年 12 月 19 日受理
* 本研究は経費の一部を文部省科学研究助成補助金に仰いだ。

著者は養鰻池水その他の養魚用水の溶存酸素量を炭酸ガス誘出法によつて測定し，その日中変化と植物プランクトン密度，魚の飼養密度及び日射量との関係を考察した。

本文に入る前に，懇篤な御指導と御校閲を頂いた雨宮育作教授及び田村保助教授，並びにいろいろと御援助を頂いた中村中六助教授外東京大学水産実験所の方々に謹んで感謝の意を表する。

I　主な観測項目とその方法

時期：1953 年 6 月，7 月，1954 年 12 月及び 1956 年 10 月。

採水：ゴム管に西牧氏食塩水注入器を接続して採水した。表面下 5 cm の層を表層，底から 5 cm 上の層を底層，水深の中点を中層とした。

溶存酸素量：特に記さない限り WINKLER—菅原の炭酸ガス誘出法により測定した。測定は極値を示す時刻の前後数時間は原則として 1 時間毎に，中間は 2 時間乃至それ以上の間隔で行つた。酸素増加量と積算日射量の関係を論ずる場合を除いて結果は酸素飽和度で表現した。これは季節を異にする観測例の比較及び魚の呼吸生理との関連の考察等には絶対量より飽和度の方が便利だと考えたからである。

透明度：中村[17] の白色小円板で測定した。中村[17] によれば，透明度とプランクトン沈澱量の間には双曲線的関係があり，この値の大小によつて植物プランクトンの繁殖程度の大体を察知する事が出来る。

日射量：自製の黒白球温度計を用いて現場で測定し，熱量単位への換算は名古屋地方気象台の ROBITZCH 式自記日射計と比較して行なつた。器具が不完全であり，且観測も 30 分乃至 1 時間（稀には 2 時間）の間隔であるから，得られた結果は極めて概略の値である。

以上の外，水温及び pH 値を酸素量と同時に測定した。

II　観　測　結　果

1.　植物プランクトン密度が適度の池

A.　日射が順調な場合（Fig. 1.—A）

愛知県渥美郡東京大学水産実験所（以下東大実験所と略記する） 4 号池（仮にA池と呼ぶ），約 1,050 坪，観測期日 1953 年 6 月 9 日～10 日，水温 21～26°C，水深 60 cm，透明度 20 cm，主要プランクトン *Microcystis sp.* 及び *M. marginata*，魚の飼養密度（観測当日に於ける推定密度で浮魚を含む，以下同様）坪当り約 200 匁。

当日は概して良く晴れており，太陽の高度が高まると共に日射量が増加して 11 時 30 分に最高に達した。気温はこれより 2 時間，水温は更に 1 時間30分遅れて最高に達した。酸素量は水温よりも更に 1 時間遅れて日没の約 3 時間前，16 時に最高点に到り，表層で 184% (10.72 cc/l)，底層で 182% (10.60 cc/l) を示した。その後酸素量は漸減し翌朝日出直前に最小値を示したが，その量は底層でもなお 92 % (5.61 cc/l) を保つていた。日出後は早朝から晴天で日射量が急速に増加し，それに従つ

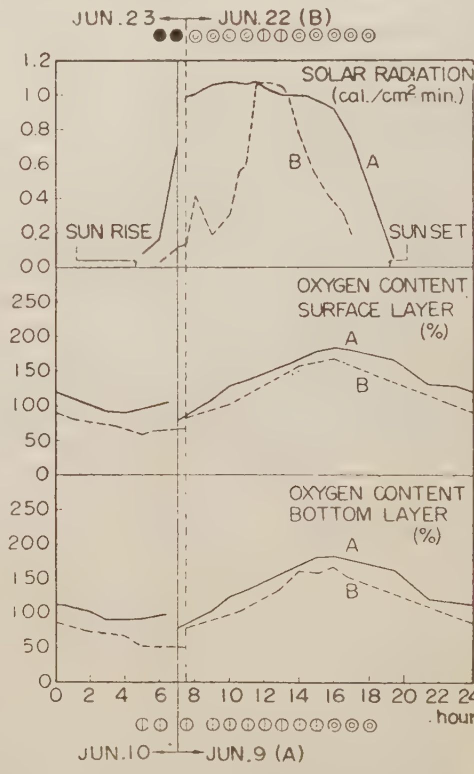


Fig. 1.　The diurnal variation of the oxygen content of the fish-culture-pond water having the moderate density of phytoplankton.

The transparency* was 20 cm. in pond A, and was 22 cm. in pond B. The solar radiation was sufficient in case of A, and insufficient early in the morning in case of B.

Weather signs are as following; ⓘ represents fine weather, ◎ cloudy, and ● rainy.

* The transparency was measured by NAKAMURA's small white disk (dia. 5 cm.). It has a hyperbolical relation to the density of phytoplankton.

て酸素量も直ちに増加の傾向に転じた。なお水温及び pH 値は表層と底層の間に殆ど差がなく，酸素量は概して底層の方が僅かに少かつたが日中変化の傾向は良く一致していた。又酸素量の増減と pH 値の昇降は良く一致した傾向を示した。

B. 早朝日射量の不充分な場合（Fig. 1.—B）

東大実験所5号池（仮にB池と呼ぶ）．約 50 坪，観測期日 1953 年6月22日～23日，水温 22～25°C，水深 60 cm，透明度 22 cm，主要プランクトン *Microcystis sp.*, *M. marginata*, *Anabaenopsis circularis* 及び *Scenedesmus quadricauda*，魚の飼養密度坪当り約 400 匁。

当日は概して曇天であつたが，昼間から夜間にかけての酸素量変化は大体A池の場合と類似していた。しかし翌日早朝に雨天で，A池の場合には日出後直ちに酸素量が増加し始めたのに対し，この場合には日出（4時39分）後もなお暫く減少の傾向を続け，表層では5時に最低となり，底層では6時30分に最少値を示して7時30分に至つても極めて僅かしか増加しなかつた。早朝における酸素量の恢復はこのように遅れたが，最少量時にもその量は表層で 60 %（3.66 cc/l），底層で 52 %（3.22 cc/l）を保ち，魚には何の異常も認められなかつた。そしてその日の午後最大量時には表層で 154 %（9.27 cc/l），底層で 146 %（8.80 cc/l）と前日同時刻の値に接近した。

2. 植物プランクトン密度が過小の池（Fig. 2.）

愛知県渥美郡養鰻業者T氏所有の池（仮にC池と呼ぶ），約 1,700 坪，観測期日 1953 年 6 月 26 日～27 日，水温 24～27°C，水深 70 cm，透明度 34 cm，主要プランクトン *Scenedesmus sp.* 及び輪虫類．魚の飼養密度坪当り約 500 匁。

この池は約1ケ月前に水変りを起して以来植物プランクトンが充分恢復しないまゝ観測当日に至つた。当日の日射の状況は普通であつたが酸素量は最高の 16 時においても表層で僅かに約 60 %（3.5cc/l 前後）に過ぎず，最低の4時には 4.2 %（0.25 cc/l）という極度の欠乏状態を示した。そしてウナギ及びイナが鼻揚げし，5 時 30 分にも酸素量はなお 13.2 %（0.79 cc/l）で鼻揚げが続いた。7時には 18.0 %（1.07 cc/l）になり鼻揚げは止んだが，当日は餌場附近にいても殆ど摂餌せず，酸素量が最高に達した 15～16 時頃に僅かに摂餌したのみ

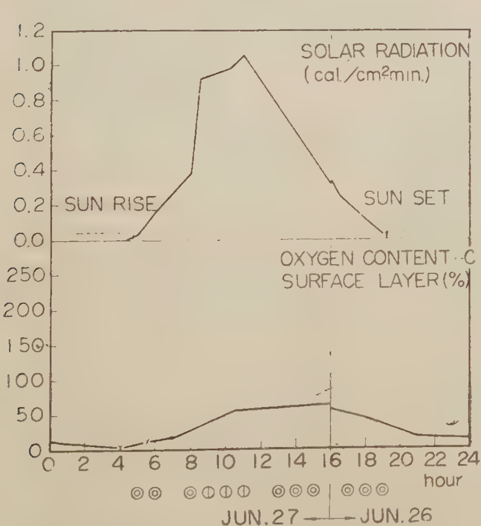


Fig. 2. The diurnal variation of the oxygen content of the fish-culture-pond water having the low density of phytoplankton.
The transparency was 34 cm. × means the symptoms of dyspnoea of eels.

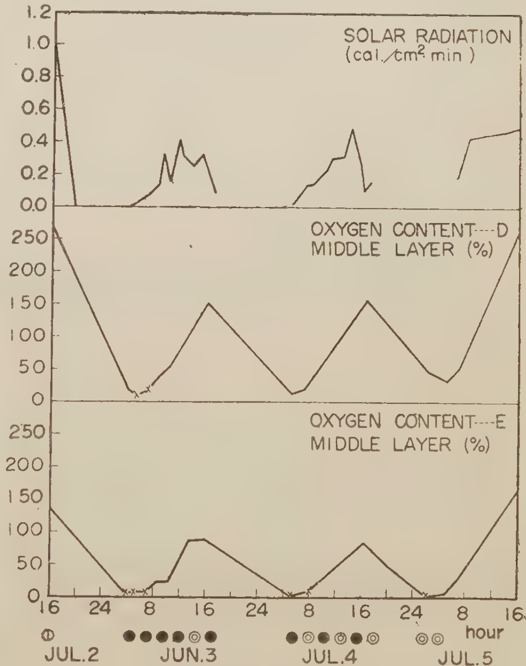


Fig. 3. The diurnal variation of the oxygen content of the fish-culture-tank water having the excessive density of phyto-plankton.
The transparency was 18 cm. in tank D, and 14 cm. in tank E.

であつた。

3. 植物プランクトン密度が過大の池（Fig. 3.—D, E）

東大実験所 22 号水槽（仮にD水槽と呼ぶ）及び 31 号水槽（仮に E 水槽と呼ぶ），1 坪，コンクリート製，観測期日 1953 年 7 月 2 日～5 日，水温 24～31°C，水深 30 cm，魚の飼養密度坪当り約 200 匁（以上の各項目は両水槽共通），透明度 D 水槽 18 cm，E 水槽 14 cn，主要プランクトンD水槽 *Chroococcus dispersus*, *Scenedesmus quadricauda* 及び *Oscillatoria sp.* E 水槽 *Chroococcus dispersus* 及び *Scenedesmus quadricauda*。

D 水槽では日中最大量時の酸素量が 2 日は 269％（14.09 cc/l），3 日及び 4 日は日射量が極めて少かつたにも拘らず 150％（8.54 cc/l）及び 156％（9.06 cc/l）を示し，5 日には再び 262％（15.07 cc/l）という高い値に達した。このように日中の酸素量は極めて豊富であるが，その間毎朝最小量時には 3 日 8.9％（0.51 cc/l），4 日 12.4％（0.73 cc/l），5 日 34.2％（2.04 cc/l）と著しく減少し，最も欠乏の甚しかつた 3 日早朝にはウナギが鼻揚げをした。

E 水槽では日中の最大酸素量が D 水槽よりやゝ少く，殊に日射量の少い 3 日及び 4 日には飽和量以下であつた。そして夜間の酸素量減少も D 水槽の場合より更に甚しく，最小量時の酸素量は 3 日 4.8％（0.28 cc/l），4 日 3.0％（0.18 cc/l），5 日 4.7％（0.28 cc/l）で連日ウナギの鼻揚げが観察された。

4. 魚の飼養密度が小さい池（Fig. 4.）

愛知県安城市名古屋大学農学部水産学教室 1 号水槽（仮にF水槽と呼ぶ），0.5 坪，コンクリート製，観測期日 1954 年 12 月 7 日～8 日，水温 8～12°C，水深 45 cm，透明度 20 cm，主要プランクトン *Cosmarium praemorsum* 及び *Scenedesmus quadricauda*，魚の飼養密度 0。

酸素量は最高 175％（14.00 cc/l），最低 147％（11.73 cc/l）で全般に豊富で且昼夜の変動が小さかつた。なお夏期に比べて最大量時は早く（14 時），最小量時は遅く（8 時）現れた。なお本文に省略した他の数回の観測では最小量時は 7 時前後であつた。

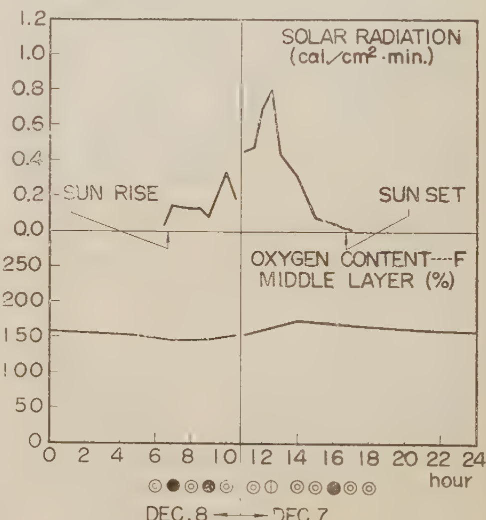


Fig. 4. The diurnal variation of the oxygen content of the tank water containing no fish. The transparency was 20 cm.

5. 実験的観測（Fig. 5.）

以上の観測結果を補足し且裏づける為に，植物プランクトン密度及び魚の飼養密度を調節した水に就いて実験的な観測を行つた。

方法は直径 47 cm，容量約 25 l. の蓮がめ 9 個（仮に 11, 12, 13, 21, 22, 23, 31, 32 及び 33 と呼ぶ）に Table 1. の如く水と魚を入れて，それぞれの酸素量日中変化を同時に観測した。この場合に限り Winkler のヨードメトリーによる酸素定量法（但し NaN_3 添加変法）を用いた。観測期日 1956 年 10 月 25 日～26 日，水温 12～20°C，水深 20 cm，主要プランクトン *Oocystis sp.*。

Table 1. The density of phytoplankton and the amount of the fish in each case of the experimental observation (see Fig. 5.)

No. of pot	Density of phytoplankton: Dry weight (mg./l.)	$KMnO_4$ consumption* (PPM, $KMnO_4$)	Chlorophyll content** (mg./l)
11, 12, 13	0	0.55	0
21, 22, 23	110	29.8	0.32
31, 32, 33	220	59.1	0.65

The amount of fish in a pot (25 l), was 0 g. in cases of pot 11, 21 and 31, was ca. 50 g. in 12, 22 and 32, was ca. 100 g. in 13, 23 and 33.
* $KMnO_4$ consumption means the difference between the value for the whole water and that for the filtrate through the glass filter No. 4.
** Chlorophill content means the amount of the mixed chlorophyll saponificant determined by Guthrie's colorimetry.

魚の飼養密度の等しい 11, 21 及び 31 の 3 者を比べると酸素量の昼夜変動は 31 が最も大きく

11 が最も小さい。即ち植物プランクトン密度の高い水程変動が大きい。同様な現象が 12，22 及び 32 の3者間にも，13，23 及び 33 の3者間にも見られた。次に植物プランクトン密度の等しい 21，22 及び 23 の3者を比べると酸素量昼夜変動の振幅は 23 が最も大きく 21 が最も小さい。即ち魚の飼養密度の高い水程変動が大きい。同様な現象が 31，32 及び 33 の3者間にも見られた。但し植物プランクトンを殆ど含まない 11，12 及び 13 の3者のみはやゝ特殊な日中変化を示した。酸素量が最大値を示す時刻は 13 を除いて他の8個はよく一致したが，最小値を示す時刻は若干の不一致が認められた。なお観測が秋に行われ水温が低く，植物プランクトン密度及び魚の飼養密度も極端に大きいものはなかつたので，酸素量の甚しい過飽和や欠乏は観られなかつた。

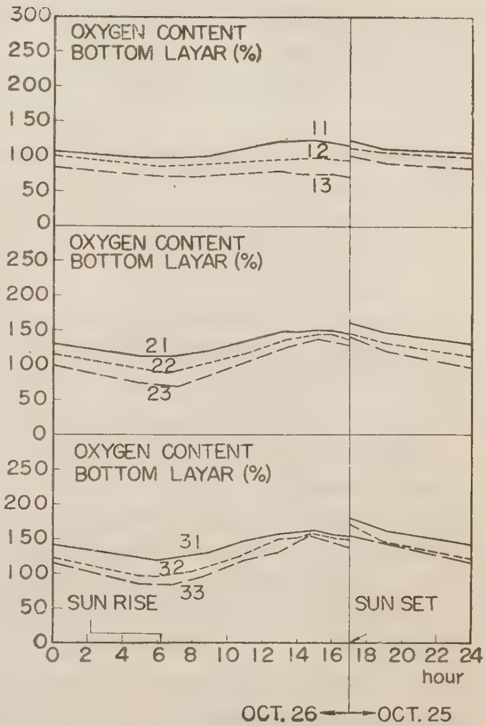


Fig. 5. The diurnal variations of the oxygen contents of the pot water having various densities of phytoplankton and various amounts of fish (see Table 1.).

Ⅲ 考　　察

1. 酸素量が最大値及び最小値を示す時刻

上述の観測において酸素量の最大値は，6月には 16 時頃，10 月には 15 時頃，12 月には 14 時頃に現れたが，これはいずれも日没の約2時間乃至3時間前に相当する。そして 60 cm の水深では表層と底層の間に最大値の現れる時刻のずれは認められなかつた。倉茂[7)8)] は濠の水中酸素量日中変化を観測し，その最大値は表層では3月下旬に 17，18 時頃，5月上旬に 16，17 時頃(いずれも日没の直前乃至2時間前位と思われる）に現れ，1 m 層ではそれより1乃至2時間早く現れることを観た。杉浦[14)] は表層における酸素量の日中変化を理論的に推定し，拡散及び対流或は移流の物理的要因を無視するならば，酸素量の最大値は日没の1時間乃至1時間半前位に現れるべきであるとした。著者の観測結果も両氏の所論にほゞ一致する。

酸素量が最小値を示す時刻は，著者の観測では早朝の日射の状況によつて異なる。早朝から順調に日射量が増加する場合には，それは6月には4時頃，10月には 6～7 時頃，12月には7時頃に現れ，いずれも日出直前から1時間後位の範囲にある。そして日射の順調な時には表層と底層の間に認め得る程の時間的ずれはなかつた。倉茂[8)] は晴天の日には表層酸素量は日出直後（データによれば1時間後頃と思われる）に最小値を示し，1 m 層ではそれより約1時間遅れると報じた。杉浦[14)] は表層では日出の1時間乃至2時間後に最小値を示す筈だと推定した。著者の得た結果は両氏の所論より僅かに早いが大差はない。

B 池の観測例では早朝に酸素量の恢復が遅滞し，最小酸素量は表層では日出より約 30 分後，底層では約2時間後になつたが，これは当日の早朝が雨天で日射量が少く，日出後もなお暫くの間は酸素の生産がその消費より劣つていた為と考えられる。この場合表層酸素量の上昇が認められた6時30分の日射量は約 4.2 cal/cm². hour と推定され，底層はそれより1時間後の7時30分に増加の傾向を示した。倉茂[8)] は日射量が数 cal/cm². hour に達すると上層の酸素量が上昇し始め，1 m 層ではそれより1時間位遅れると指摘したが，著者の観測も大体これに一致した。なお B 池は最小酸素量時にもなお飽和量の 50 %以上を溶存して魚には何の異常も認められなかつたけれども，同じ日に附近の幾つかの養鰻池では日出後に鼻揚げが観られた。植物プランクトン密度や魚の飼養密度が適当でない場合には，このように僅かな天候不順が魚に危険を招く事もあり得ると考えられる。

2. 酸素量の日中変化と植物プランクトン密度との関係

上述の A 池及び B 池における酸素量の日中変化を観ると，昼間は光合成によつて豊富に生産され，夜間

の減少もそれ程極端でないので，早朝の最小酸素量はかなり高い水準にあり，魚の呼吸に何らの障害も来さない。即ち魚の飼養密度その他の条件に対して植物プランクトン密度が適度であり，良く調和がとれていると言えよう。両池の透明度は 20 cm 及び 22 cm で中村[17]の言う“アオコの充分良く出来た池”に相当する。

C 池は昼間の最高酸素量も飽和量より遙かに低く，早朝には甚しい酸素欠乏を来して魚が鼻揚げした。この池は水変り以来植物プランクトンが充分に恢復せず，当日の透明度は 34 cm で中村[17]の“やゝ水の出来た池”に相当する。中村[17]の実験式によつて透明度からプランクトン沈澱量（池水 20 cc 中の $cc.10^{-3}$）を推定すると，C 池は 9.6 でB池の 92.4 %に対し約 10 %に過ぎない。倉茂[9]は酸素量の日較差（cc/l）と当日の積算日射量（cal/cm^2）を比較し，前者の後者に対する百分比を植物プランクトンの消長を表わす有力な1指標と考え，杉浦[13)14]もほゞ同様に論じている。C 池表層水に就いてこの百分比を計算すると 0.564 で，B 池表層水の 1.184 の半ばに及ばない。他方魚の飼養密度を観ると B 池の坪当り 400 匁に対し，C 池は 500 匁でやゝ多いが，養鰻池としては普通の量である。以上を考察すると C 池は養鰻池としては植物プランクトンが不足しており，為に酸素の欠乏及びウナギの鼻揚げを招いたものと言えよう。

D 水槽は日中酸素量が著しく過飽和になり，夜間は逆に激減して早朝には甚しい酸素欠乏を来し，ウナギの鼻揚げが観られた日もあつた。これに比べて E 水槽は日中の酸素量もやゝ少く，早朝の酸素欠乏は D 水槽より更に甚しく連日ウナギが鼻揚げした。中村[17]の実験式によつてプランクトンの沈澱量を推定すると D 水槽は 171.4, E 水槽は 861.9 で共に甚しく大きい。酸素量の観測が中層なので酸素量の日較差と積算日射量の比は省略するが，両水槽における酸素量の甚しい変動は，植物プランクトン密度の過大な事に起因すると考えられる。蓋し D 水槽においては日中は光合成による著しい酸素の生産が消費を遙かに凌駕するが，夜間植物プランクトンの呼吸による消費も莫大でその為に早朝には著しい酸素欠乏を来したのであろう。植物プランクトン密度の更に高い E 水槽では夜間の消費は更に甚しく，又日中でも日射量が不足した時に中層では酸素の生産と消費の比が小さくなり酸素量が飽和に達しなかつたものと思われる。なお両水槽共魚の飼養量は坪当り約 200 匁で比較的少いから，早朝の酸素欠乏は主として植物プランクトンの呼吸によると考えられよう。

Ⅱ章 5 節の実験的観測において．植物プランクトン密度以外の条件を等しくした場合に，その密度の高い程酸素量の日較差が大きい事が観察された。なおこの観測において植物プランクトンを殆ど含まない 11, 12 及び 13 においても日中に若干の酸素量増加が観られたが，これはかめに附着していた極めて少量の附着性植物の光合成によると思われる。

以上を概観して養魚池水の溶存酸素量日中変化が植物プランクトン密度によつて非常に影響される事は明らかである。即ち植物プランクトン密度が過小であれば酸素量の日較差は小さく，その値は昼夜を通じて全般に少い。そして早朝には甚しい欠乏を来す恐れがある。これに反して植物プランクトン密度が過大であれば酸素量の日較差は大きく，その値は昼間には非常に多く夜間から早朝にかけては極端に少くなる。第三に植物プランクトン密度が適度であれば酸素量の時間的変動は中程度で，その値は昼間はかなり多くなり夜間から早朝にかけてもそれ程甚しい減少を示さない。上述の植物プランクトン密度の適，不適は酸素量日中変化の観測結果から逆に推論した結果論的類別であるが，中村[17]の言う“水の良く出来た池”，“水のやゝ出来た池”等の類別にも大体相当するので，便宜上そのように呼んだ。

植物プランクトン密度が高い程昼間の酸素量増加が甚しくなる事は，川村[1]，渡辺[3]，Smith[11]，倉茂[9]及び杉浦[14]等が既に述べているが，植物プランクトン密度が過大な場合に早朝に酸素量の激減を来す事は，養魚池において渡辺[3]が，水深が深く流れの緩やかな川において Butcher 等[18]が注目している外あまり文献を見ない。中村[19]はプランクトン密度と水中の明るさとの関係を詳細に研究し，密度が過大であると補償深度が浅くなり養魚に不利であると論じた。なお江草[20]は溶存酸素が著しく過飽和になると魚がガス病を起すことを報じ，野口[21]は養鰻池において実際にこのような症例を観察した。著者の観測中には酸素過飽和によるガス病を認めなかつたけれども，植物プランクトン密度の過大な池はこの面からも養魚に不利を招く恐れがあると考えられる。

3. 酸素量の日中変化と魚の飼養密度との関係

上述の F 水槽では植物プランクトン密度がかなり高いにも拘らず酸素量の時間的変動が非常に小さかつた。冬期の観測で水温が低かつた事も大きな原因であろうが，魚の飼養密度が小さい (0) 事も一因を為していたと考えられる。これはⅡ章5節の実験的観測において魚の飼養密度以外の条件を等しくした場合に，概して飼養密度の高い程酸素量の変動が大きかつた事によつて裏づけられる。蓋し魚の飼養密度が高ければ，夜間は酸素の減少を促進し，昼間は炭酸ガスの放出，攪拌，栄養塩類の排出等により植物プランクトンの光合成に好都合な条件を提供して魚の呼吸による酸素消費をかなりの程度まで補う為であろう。しかしⅡ章5節の 13 号かめにおける観測結果からも想像される如く，魚の飼養密度が過大であつたり植物プランクトン密度が過小であれば，昼間でも酸素の減少を来す事もあり得よう。なお魚の飼養密度と酸素量の日中変化との関係については従来あまり観測例がないようである。

4. 酸素増加量と積算日射量との関係

イ. 或時刻までの酸素増加量とその間の積算日射量との関係 (Fig. 6.)

早朝の最小酸素量時を基準とし，それから当日の任意の時刻（但し最大酸素量時以前）迄の酸素増加量 (cc/l) とその間の積算日射量 (cal/cm^2) との関係を検討する。

植物プランクトン密度及び魚の飼養密度が養鰻池として標準的であると思われるB池の場合を Fig. 6.—1 に示す。酸素増加量と積算日射量の相関係数は表層で 0.993，底層で 0.986，共に $P < 0.001$* で明瞭な正相関を示した。

次に植物プランクトン密度及び魚の飼養密度を異にするⅡ章5節の実験的観測の場合は Fig. 6.—2, 3, 4 及び Table 2. に示す如くである。植物を殆ど含まない場合に逆相関を示した例があるが，これは日射量との関係ではなく魚の呼吸の為に時間と共に酸素が減少したものである事は論を俟たない。このような特殊な例を除けば，大体に有意な正相関を示した。

濠の水については既に倉茂[7)8)]が同様な結論を得ているが，著者の養鰻池における観測結果も大体これと一致するものである。

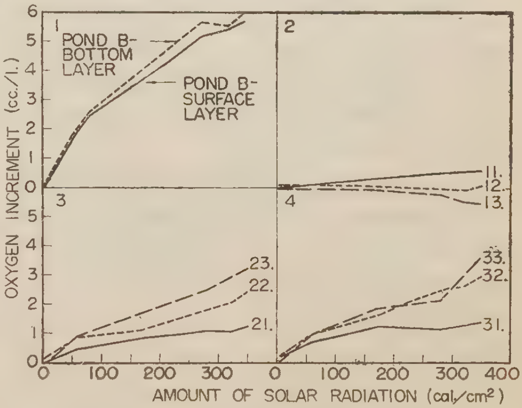


Fig. 6. The relation between the oxygen increment and the amount of solar radiation.
Fig. 6—1. was drawn through Fig. 1., and the others through Fig. 5.. The oxygen increment means the difference between the amount of the dissolved oxygen at sun rise and that a certain time. The amount of solar radiation means the total quantity of the solar radiation during the period.

ロ. 酸素量の日較差と積算日射量との関係 (Fig. 7.)

前項では任意の時刻までの関係を逐時的に検討したが，こゝでは最大酸素量時までの関係を逐日的に検討する。1953年6月12日から6月25日に亘る期間，A，B 両池の酸素量日較差 (cc/l) とその間の積算日射量を観測し，逐日的に記録したのが Fig. 7. である。両者の相関係数は，A 池では 0.076，$0.85 < P < 0.90$ で相関関係は殆ど認められないが，B池では 0.626，$0.02 < P < 0.05$ で或程度の正相関があると言えよう。両池の植物プランクトン密度の変動程度は透

Table 2. The correlation coefficient of the oxygen increment to the amount of solar radiation (see Fig. 5., 6. and Table 1.)

No. of pot	Correlation coefficient	P
11	0.997	$P < 0.001$
12	−0.783	$0.10 < P < 0.15$
13	−0.919	$0.001 < P < 0.01$
21	0.961	$P < 0.001$
22	0.981	$P < 0.001$
23	0.992	$P < 0.001$
31	0·916	$0.02 < P < 0.05$
32	0.994	$P < 0.001$
33	0.971	$P < 0.001$

* 本論文では相関係数の有意性は全てZ変換を行つて検定した。

明度から推定した範囲では大差なく，魚の飼養量その他の条件は殆ど変動がないので，両池における結果の差は現在は説明出来ない。なお酸素量の日較差と積算日射量の関係を逐日的に考察した例は従来ないようである。

Ⅳ 要 約

炭酸ガス誘出法により養魚池水の溶存酸素量日中変化を観測して次の結果を得た。

1) 一般に最大酸素量は日没の約2時間乃至3時間前に，最小酸素量は日出前後に見られる。しかし早朝の日射量が不足すると底層では酸素量の恢復が遅滞する場合がある。

2) 酸素量の日較差は植物プランクトン密度の高い程大きい。その密度が過小であれば酸素量は昼夜を通じて少く，過大であれば夜間に激減し，共に魚の鼻揚げを招く危険があるが，その密度が適度であれば酸素量は昼夜を通じて比較的高い水準にある。

3) 魚の飼養密度は或範囲内ではその密度が高い程酸素量の日較差を大きくする。

4) 日出時から当日の最大酸素量時以前の或時刻までの酸素増加量とその間の積算日射量とは一般に明瞭な正相関を為す。しかし酸素量の日較差とその間の積算日射量との関係を逐日的に観察すると必ずしも正相関を示さない。

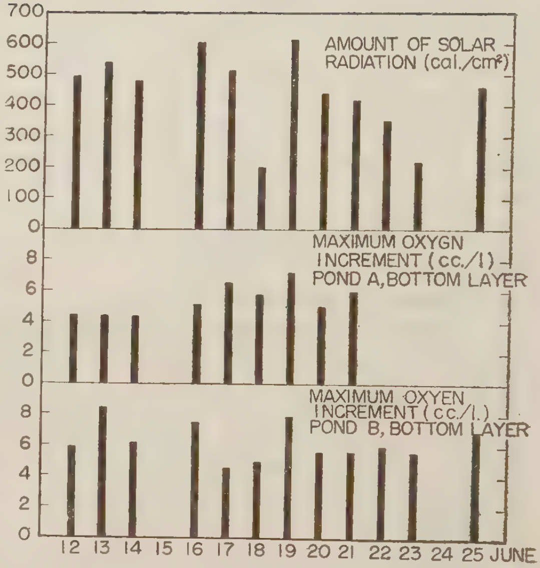


Fig. 7. The relation of the maximum oxygen increment to the amount of solar radiation.
The maximum oxygen increment means the difference between the maximum and minimum values of the oxygen concentration. The amount of solar radiation means the total quantity of solar radiation from sun rise to the time when the oxygen content gains the maximum value.

Ⅴ 文 献

1) 川村正雄：養魚池における酸素水温及気象状態と浮游生物の関係，Ⅰ―Ⅲ，水研誌，**16**，207―217，247―257，280―281 (1921).

2) 大島信夫：養魚池水の酸素含有量に就いて，水研誌，**22**，81―92 (1927).

3) 渡辺宗重：養魚池に於ける水温，酸素，炭酸ガス，水素イオン濃度の日中変化，水産学雑誌，**35**，41―55 (1932).

4) 滝川 悟・杉田隆治：養魚池水質日中変化の一観察，養殖会誌，**4**，132―140 (1634).

5) 池末 弥：養鰻池における水温酸素量及び pH の観測結果 養殖会誌，**5**，1―13 (1935).

6) Kawamoto Nobuyuki: "On the Variations of Certain Factors in the Culture Ponds of Gold Fish, *Caqassius auratus* L., in Special Reference to the Effect of Aeration into the Water, *Rept. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie*, **2**, 1―6, (1955).

7) 倉茂英次郎：濠の水中溶在酸素の日中変化と日射量との関係―Ⅰ.，気象集誌，第2輯，**10**，373―382 (1932).

8) 倉茂英次郎：濠の水中溶在酸素の日中変化と日射量との関係―Ⅱ，気象集誌，第2輯，**10**，482―489 (1932).

9) 倉茂英次郎：濠の水中溶在酸素，遊離炭酸，水素イオン濃度の日中変化と日射量―Ⅲ，季節的変化，気象集誌，第2輯，**11**，253―266 (1933).

10) 清水光夫・深津弥市：佐鳴湖の水中溶在酸素及び水素イオン濃度の日中変化に就て，気象集誌，第2輯，**12**，247―253 (1934).

11) Smith, M. W.: Physical and Biological Conditions in Heavily Fertilized Water, *Journ. Biol. Bd. Canada*, **1**. 67—93 (1934).

12) 倉茂英次郎：水中溶在酸素の日中変化と日射量との関係に就ての二・三の実験，気象集誌，第２輯，**10**，715—726 (1932).

13) 杉浦吉雄：溶在酸素量の日変化—Ⅱ，日本海洋学会誌，**10**，65—70 (1954).

14) 杉浦吉雄：溶在酸素量の日変化—Ⅰ，日本海洋学会誌，**10**，22—28 (1954).

15) Miyake, Y.: The Diurnal Variation of Dissolved Oxygen in Sea Water Consisting of Different Water Masses, *Geophysic. Mag.*, **16**, 66—70 (1948).

16) 板沢靖男：養魚池水の溶存酸素定量法に関する若干の検討，本誌，(印刷中).

17) 中村中六：養魚池透明度の一表現法，本誌，**19**，1096—1099 (1954).

18) Butcher, R. W., F. T. K. Pentelow and J. W. A. Woodley: The Diurnal variation of the Gaseous Constituents of River Waters—Ⅰ. Ⅱ. *Biochem. Journ.*, **21**, Part Ⅱ, 945—957, 1423—1435 (1927).

19) 中村中六：アオコの濃さと水中の明るさ，日本水産学会中部支部例会講演要旨，鰻のシンポジウム（Ⅰ），9—17 (1955).

20) 江草周三：魚類ガス病発生因としての水中溶存酸素量，科学，**24**，262—263 (1954).

21) 野口　博：養殖ウナギのガス病についての一知見，水産増殖，**1**，43—45 (1954).

海藻の原形質に関する研究—II.
アサクサノリの「アナグサレ病」について

野沢洽治・野沢ユリ子
(東京大学農学部水産植物教室)

Studies on the Protoplasm of Algae—II.
On the "Perforating disease" of Laver

Koji NOZAWA and Yuriko NOZAWA

In the previous paper, the authors reported the remarkable resemblance between "perforating disease" and deformation of laver-cells caused by mechanical, chemical or osmotic action of the environments.

When a part of *Porphyra*-frond is injured mechanically by a tip of needle and then put into diluted sea water or fresh-water, protoplasm of operated cells coagulates very easily and the stimulation effect spreads gradually into the non-touched surrounding cells resulting in deformation. The aspect of deformed cell and the width of deformed area vary with the concentration of media in which the operated piece is immerced ; i. e. it does not occur in hypertonic water of more than about 12‰ Cl′, between 10–12‰ Cl′ the deformation is inconsiderable, and in less than 10‰ Cl′ it continues for some periods with intence grade, especially under 6–8‰ Cl′ the deformed area decomposes into a hole. In the cultur ground the disease often occurs after vigorous rain, especially along the place near estuary.

From these, it is concluded that the so-called "perforating disease" is a non-parasitic disease. It seems to be brought about by a physiological disturbance by the plasmoptyse of cells accompanied decreased permeability in plasma-memblane and increased viscosity in plasma owing to the injure and hypotonic media.

The disease "shirogusare" reported by Arasaki (1947) also seems to have some affinity with the present disease, in the pathogenetic sence.

筆者等はさきに機械的刺戟及び稀釈した海水の複合作用によつてアサクサノリの細胞が変形することを報じ，その形態がノリの病害の一つである「アナグサレ病」の病徴に類似していることを指摘したが[1]，その後研究を進めて細胞変形の発生機構についてくわしい実験観察を行つた。そしてアナグサレ病はノリの細胞が物理的又は化学的刺戟と低塩分海水とによつて変形した非寄生性病であるとの結論に到達したのでここに報告する。

筆を起すに当り日頃御指導並に御鞭撻頂いている新崎博士に厚く感謝の意を表わす。尚この研究は文部省試験研究費によるものの一部である。

アサクサノリの「アナグサレ病」

アサクサノリの病害に関する研究報告は可成り古くから行なわれているが，病理学的見地に立つたものは新崎の研究以外には殆んど無いと云つても良いであろう。新崎はノリの病害に「白腐病」と「赤腐病」とがあることをはじめて明らかにし，特にノリが腐敗病によつて受ける被害の大部分を占める赤腐病について，その病原を明らかにするとともに病原菌の生態，病害の予防対策等について広範な研究を行なつた[2]。この他にも々種の病害が経験的に気付かれているが，病理学的な研究検討はあまり行なわれていない[3]。さきに

1956 年 1 月 16 日受理

須藤及び梅林はアサクサノリの細胞が変形して放射状につながり，終に崩壊する東京湾羽田浦漁場に発生した病害に「アナグサレ病」の名称を与え，*Labyrinthula* 類似の寄生生物による病害であろうとした[4)5)]。筆者等はその病因に関してはなお慎重な検討を要するものと考え，別の見解から研究を進めて来た。

病　　　徴

この病害の典型的なものは，昭和 27 年 10 月より 12 月にかけて東京湾羽田浦のアサクサノリ養殖場の一部に発生したものである。同じ病徴を示すものは他所でも往々河口近くの漁場又は淡水の影響を受け易い漁場で見られ，特にノリの生育が盛んとなる 11 月から 12 月にかけて大雨が有り河水，就中土砂を伴つたものが流入した後に甚しい発生を見る。

肉眼的病徴：　発病の極く初期は主として体の上半に多数の小さな穴が開き，穴の周縁は青緑色に退色して非常にくづれ易くなる。この段階では穴は注意しなければ気附かない程小さいが，やがて青緑色の腐敗部が次第に拡大し，中央部は崩壊して直径 1 mm から 4 mm 位の穴が葉体一面に肉眼でも見えるようになる (Plate Ⅰ, 1)。

葉体の先端附近では患部が互に連絡してぼろぼろにくずれ落ち，さらに病状の進んだものでは葉体全体が崩壊して脱落消失してしまう。進行の早い時は初期病徴発見後二，三日で葉体がぼろぼろになるが，普通は一週間位かゝつて徐々に進行し，同時に他の病害が併発することが多い。即ち穴はそれ程大きくならずに，ただ青緑色又は白色に退色した部分が拡がり，一見「白腐病」に似た状態が見られることがあるが，これは後に述べように「アナグサレ病」と「白腐病」とが並行して発生したもので，実際に「アナグサレ病」単独で大きな被害を与えることは稀で，「白腐病」又は「赤腐病」が併発しているときに被害が大きくなるようである。

顕微鏡的病徴：　罹病葉体を検鏡すると，肉眼では全く分らない極く初期のものは 2 及至 3 個の細胞が多少変形して収縮し赤紫色となつており，収縮した原形質の一部は隣接する健全な細胞に接触している。やゝ病状の進行した状態では，変形収縮した原形質が数細胞にわたつて放射状につながり，その最外縁の変形原形質はそれに接する健全な細胞に接触している (Plate Ⅰ, 2〜5)。このときは未だ穴も開かずに肉眼的には判別しにくいが，更に変形が進むとともに中心部から崩壊して穴が開く。白腐病又は赤腐病が併発しているときは穴はあまり大きくならず，萎縮して白くなつた白腐病細胞又は *Pythium* の菌糸が貫通している赤腐病罹病細胞による病斑にとりかこまれている。

病　　　因

前述のように須藤・梅林はアナグサレ病の病因について寄生性のものと考えたが，発病葉体を Methylen blue, Neutral red, Enythrosin 等で生体染色すると，患部は容易に染色され生細胞の特徴である原形質膜の半透性は見られない。また詳細に観察しても変形菌其の他の病原と考えられるような寄生生物を認めることは出来ない。一方海中で健全に生育しているノリ葉体において，掻傷を受けたと思われる所の細胞原形質が変形連続していること，また海苔製造の際に出来る葉片の切断面に類似した原形質変形が見られること等は周知のことであり，いづれも細胞の連絡状態はアナグサレ病の病症との関連を思わせるものである。実験的にも新鮮で健全なノリ葉体をガラス板上にひろげ，針またはピンセツトの先などで軽くつゝくと，刺戟を受けた細胞は直ちに収縮して赤紫色になり，その際葉体を手早く淡水又はかなり稀釈した海水に入れると，刺戟を受けた点を中心にしてアナグサレ病の病部と全く同様な放射状の変形細胞が形成されることは既に報告した通りである。

以上の諸点からアナグサレ病の主因としてノリ細胞に対する機械的刺戟及び低塩分海水の影響と云う非生物的原因が考えられる。この点について変形形成経過を実験的にくわしく見ると，機械的刺戟を与えただけで低塩分海水に入れないときは常にそのまゝ凝固し，刺戟が多少強いと直接刺戟を受けなかつた周囲の細胞も二，三列にわたつて影響を受けて大きな液胞を生ずる。それ等の内で直接刺戟を受けた細胞は後に脱落しその周囲の液胞を生じた細胞は間もなく収縮凝固して赤紫色となり，更に脱色して白腐病の病患細胞と似た状態となる。また掻傷を与えるとその部分の細胞が強く凝固変形し，前記天然に見られるものと全く同様になる。機械的刺戟を与えてから直ちに低塩分の海水に入れると，刺戟を直接受けた細胞はそのまゝ凝固する

が，その周囲の細胞は吸水膨潤しやがて解膠状態となりながら極度に緊張し，遂に原形質吐出を起して急に変形し，原形質の一部は吸盤状になつて隣接する未変形の細胞に接触する。接触を受けた細胞は既にやゝ膨潤していることもあるが，接触を受けると更に強く膨潤し前の細胞同様に原形質吐出を起して次の細胞へ接触する (Plate Ⅱ，6～10)。この様な変形が次々と継続して起り，変形細胞列が放射状にひろがつて行く。なお変形の進行中に折々接触を受けぬのに膨潤破裂して変形する細胞がある。この細胞は変形するとき一部で逆に変形細胞に接触し，他部で未変形の細胞に接触し，結果として変形細胞列が分岐した様な形になつたり，ときには未変形細胞へのみ接触して新しい変形列のはじめとなつたりする。其の他原形質が変形して凝固する際に瓢箪形になり，一見二つの細胞から出来たような形になつたりして，相当進んだものの形は可成り複雑である。

この変形はノリ葉体を低塩分の海水に入れつゞけておくと数日間停止することなく拡大し，中心部から穴になるのであるが，これを途中で通常の海水にもどすと，はじめの内しばらくは変形が進行するが間もなく停止し，変形部は後崩壊脱落して穴だけが病痕として残る。このように停止してしまつた葉体は再び低塩分海水に入れてももう変形は再現しないが，まだ変形の進行が完全に停止しないうちに低塩分の海水にもどすと変形は停止することなく進行し，病斑がひろがつて行く。

変形細胞を生じつゝあるノリ葉体を固定染色すると，健全な細胞では色素体，Pyrenoid 等がそのまゝ見え核は色素体のために表面から見にくいが，気をつけると存在を認める事が出来る。病斑の最外層の膨潤した細胞は色素体の形が不明瞭となり，Pyrenoid も見られなくなつているが，核は膨潤して核膜，仁等が明瞭に観察される。変形中又は変形後間もない縁辺の二，三列の細胞では色素体，Pyrenoid は消失し，核のみがまだ存在しており，それより内側のものは核も不明となつて結節状に凝固し，やゝ濃く染つて見える部分とそれをつなぐあまり濃くない部分があるのみである。細胞の生死判別に利用される硝酸銀還元反応によつて検すると，健全な細胞は勿論強く反応し，膨潤細胞から変形中の細胞へと順次弱くなり，遂に反応しなくなる。Brom cresol green，neutral red 等による生体染色を行ないその呈色より pH を測定すると，健全な細胞は中性附近，膨潤細胞では 6 乃至 7，変形初期のものは 4.0 乃至 4.5，病斑中心部は 3 附近，と酸性に変化し，この変化の勾配は低塩分に入れるときほど急である。普通の海水にもどして変形の止つたものは健全な細胞と変形細胞との間には核の存否，硝酸銀反応，pH 等によつてはつきり生死の別が見られ，中間の移行状態は見ることが出来ない。

天然より実験室に持つて来た「アナグサレ病」罹病葉体について，種々の濃度の海水に入れて病斑の拡大や停止状況を見ると，上の人工的に形成させた変形細胞同様低塩分海水中で拡大し，普通海水附近で停止する。また同一容器内に入れた健全なノリ葉体に伝染するようなことは一度も観察されなかつた。病葉の固定染色，生体染色，生体反応等も実験的変形細胞に於けると同様な結果であつた。

即ち実験的に形成させた変形細胞と天然に発生するアナグサレ病の病患細胞とは，生態的にも形態的にも同様な特徴を持つて居り，この二つは同一の現象と見なすことが出来る。天然に於ては土砂を伴つた河水によつて機械的刺戟と塩分の低下が与えられ，変形を引き起すのであろう。ノリ葉体を細砂の入つた塩素量約 8‰ の海水とともに軽く振りそのまゝ放置すると，三日後には葉体一面に大小の穴が出来ることからも実証出来る。しかし自然に於ては種々の要因が複雑にからみ合つており，条件の単純な室内実験の結果と必らずしも一致しないことは我ゝの常に遭遇することである。実際にアナグサレ病が発生したときの状況はそれほど土砂が流入したと考えられないこともあり，なお生態的な調査とともに種々の要因について検討を加えなければならないが，以上のべ来つた観察及実験から，アナグサレ病の病因が寄生性のものでなく，ノリの原形質が障害を受けて変形した非寄生性のものであることは間違いないものと考える。

植物の細胞に機械的刺戟を与えると原形質が凝固することは古くから知られており [7]，それは直接刺戟を受けていない周囲の細胞に影響を与えて原形質の部分的凝固を起すこと [8][9][10]，またその凝固は種々の環境条件によつて早くなつたり遅くなつたりすること [11]，刺戟が非常に弱いときには特に変化が認められなくても細胞の抵抗力は非常に低下すること [11]，などが知られている。また細胞から取り出した裸の原形質は容易に変形し，その破片は屡々癒合するとも云われている [10][12]。ノリ細胞に於て接触癒合は凝固後も固定像に境界が見られ，MISCHBACH の云うような混合は行なわれないようであるが，其他については一般的な反応を示し

ている。即ちアサクサノリの細胞がイオンあるいは原形質分離等の影響によつて障害を受けた場合，原形質は一旦膨潤解膠した後に収縮凝固し，死に到ることについて前に報告したが，機械的刺戟を受けた場合は直ちに凝固することが多い。しかし刺戟が極めて弱い場合は，軽い膨潤を起してから凝固するのが見られるから刺戟の強い時は凝固が早いので粘性の増加による吸水膨潤が凝固過程に見られないものと思われる。また障害を受けた細胞はいずれの場合も非常に色素が入り易く，よく染り，原形質膜の半透性が失なわれていることを示している。故にノリの細胞は化学的または物理的な種々の障害によつて原形質膜の半透性が失なわれるとともに，原形質は急激あるいは徐々に凝固すると云うことが云える。従つて凝固が急激の時は膨潤は見られないが，徐々のときはそれが見られるのであろう。外部条件についても原形質の凝固を促進するような物質の存在，吸水を抑制するような条件では膨潤は起りにくく，逆の諸条件で膨潤しやすくなると考えられる。このようなノリの原形質の性質からアナグサレ病の生起機構を考えると次のように解析される。

アナグサレ病の場合に機械的刺戟を受けた細胞の原形質は，そのまゝかあるいは軽く膨潤するが，その周囲の細胞は間接的影響によつて原形質膜の半透性を失うとともに，原形質の粘性は高まり，低塩分の海水中では強く吸水し膨潤して，周囲の細胞を圧迫しながらその極限に於て原形質吐出を起し，急に変形しながら次の細胞に接触する。接触を受けた細胞はその影響によつて原形質膜の半透性を失い，また原形質が吸水膨潤して，前の細胞と同様に破裂し原形質吐出を行なう。

この経過をくりかえしながら次々と隣接細胞にひろがつて行く。即ちはじめの細胞は直接機械的刺戟を受けて凝固した細胞，次は間接的に機械的刺戟を受け同時に低塩分の影響によつて変形した細胞，3番目以下は変形細胞の接触と低塩分の影響によつて変形したものである。従つて機械的刺戟は誘因として必要な条件で，一度それが与えられて変形現象が進行しはじめれば，後はそれなしにも変形がつづけられる。なお，ノリの原形質の凝固に関する諸現象からみて，機械的刺戟だけではなく化学的刺戟なども変形生起の誘因となりうると考えられる。

分　　布

アナグサレ病の発生については東京湾以外では詳しく調査する機会を得ていないが，各地のノリ養殖場にも見られるようである[5]。東京湾では青堀，楢葉，八幡，松ケ島，船橋，行徳，浦安，葛西，品川，大森，羽田，川崎等の各漁場で認められた。アナグサレ病が主因で大きな被害を与えることはまれで，また赤腐病白腐病のように毎年のように定期的に発生するものでもない。

生　　態

アナグサレ病の発生は気象海況等と密接な関係があることは勿論で，詳細は他日別に報告する予定であるが，特に病勢の進行あるいは被害の大小に直接関係すると考えられる海水塩分と細胞変形との関係についてやゝくわしく検討を行つた。

健全なノリ葉体を先を平に切つた歯ブラシで軽く圧して障害を与え，これを種々の割合に稀釈した海水に入れて経過を観察し，同時に細胞内の核染色，硝酸銀反応，pH 等の変化をしらべて見るとその結果は Fig. 1 に示すようになる。

概括的な傾向としては $Cl'=8‰$ 以下ではいづれも障害を受けた点を中心にアナグサレ症状を起し，9‰ 以上では起さぬからこゝに境界を引くことが出来る。なおくわしく云うと，Cl' の 0‰ から 4‰ の間では細胞の変形の仕方が非常に早く，特に 0‰ に於ては屢々連続的に原形質吐出が起つて原形質は凝固する暇もなく細胞外に流れ出し，そのまゝ崩壊する。またこのときの原形質吐出は求心的に起り，アナグサレ病のときと逆であり，変形後の形は角張つており，未変形細胞との接触がないなど，種々の特徴が観察される。これは外液の滲透圧が非常に低いために起つた普通の原形質吐出で，吸水が主な原因である。ノリ製造のときに見られる変形細胞の生成もこれと同様な現象であろう。この場合に変形はあまり拡大せず 1～2 日で停止し，1 日後に既に葉面に低塩分のために死んで淡紅色となつた細胞が散見され，3 日後には葉面全体が赤褐色となる。Cl' が 6‰ から 8‰ の間では変形細胞の形や変形の進行方向，或は未変形細胞との接触状況がアナグサレ病の典型的な症状と同様であり，病症の拡大は数日にわたつて行なわれる。9‰ 乃至 10‰ では障害を受けた点から数個の細胞が放射状に変形するのみであまり拡大しない。更に 11‰ 乃至 12‰ になる

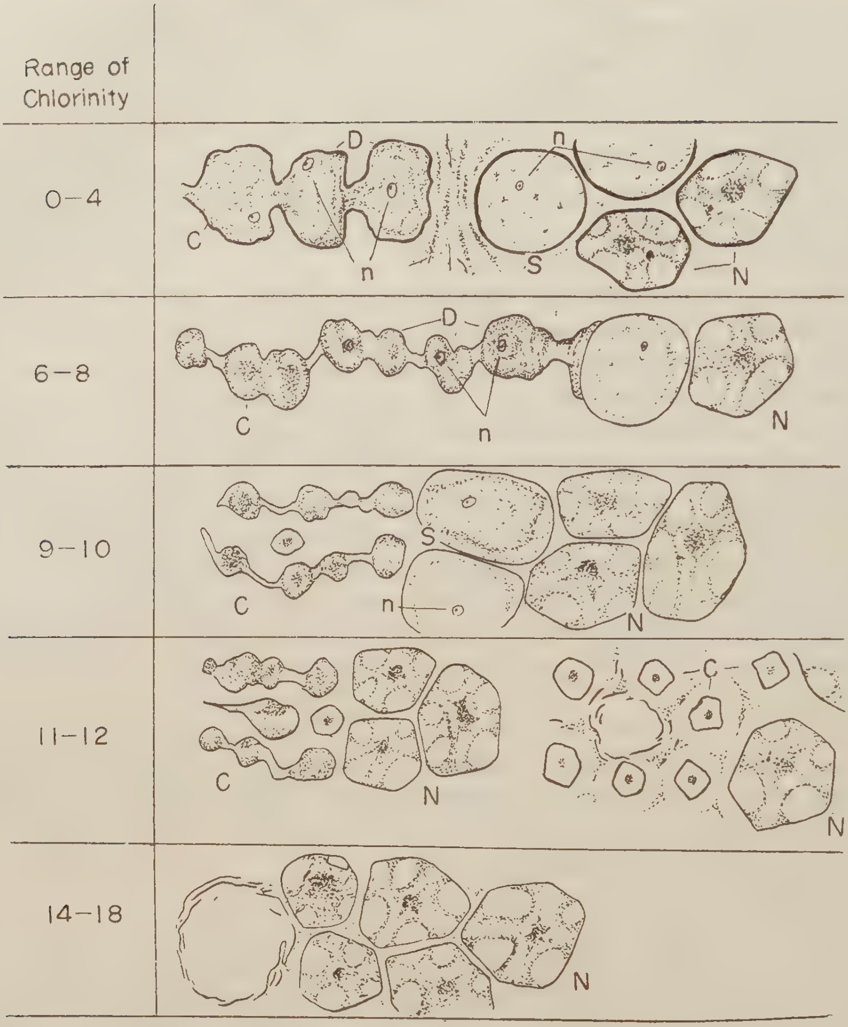


Fig. 1. Effects of different concentration of sea water on cell deformation.
Remarks: n; nucleus, N; normal cell pH ca. 7, s; swollen cell pH 6–7, D, deformating cell pH 5–6, C; coagulated cell pH $<$ 4.

と直接刺戟を受けた部分及びその周囲の細胞のみが変形し，その外側のものは弱く膨潤する。後にこの膨潤したものは収縮凝固するが，しばしばその影響は周囲に伝播して，白腐病様の死細胞斑がひろがることがある。14‰ 以上では障害をじかに受けた部分だけが脱落して小さな顕微鏡的な穴が開き，癒傷部分には厚い膜が出来，他に変化は認められない。

この間の諸変化に伴う核の状態，硝酸銀反応，pH 等を見ると，硝酸銀反応，pH 等については 4‰ 以下では変化傾斜が急であるのに，6‰ 以上ではゆるやかであると云う違いがあり，核は 6 ‰以上に於ては大体変形した原形質の中央に位置しているのに，4‰ 以下ではその位置が全く不定であると云うはつきりした差違が認められる。これは，4‰ 以下に於ける原形質吐出が外部要因によつて破壊的に起つたものであるからであろう。

以上のような種々の場合に於て，その原因が塩分の相異によつて起る水の滲透の差であるならば，塩分が低い程水の滲入が大となり，変形の拡大が盛になるはずであるが，実際には Cl′ が 6～8‰ の範囲でもつと

も良く拡大し，水の浸入だけが原因であるとは考えられない。前にものべたように，ノリの細胞の変形は，細胞が刺戟に対して起す反応とその伝播及び外液の低滲透圧によつて起ると考えられるから，変形の誘因であるはじめの刺戟を別にすると，ノリの原形質が刺戟の伝達に対して鋭敏に反応するためには，ノリが活発な生理作用をいとなむことが出来るような塩分範囲であることを要し，塩分にはおのづと下限が生じる。しかし一方に於てはげしく吸水が行なわれて原形質吐出が起るためには，外液が充分に低張でなければならない。変形細胞が拡大するためには塩分はあまり低くてはいけないと云うことゝ，なるべく低い方が良いと云う矛盾した条件を要求している。従つて塩分がノリの適応限界を越えて低い場合には，はじめの内ははげしい吸水による原形質吐出が起るが，間もなく生理的障害があらわれはじめて細胞の変形は停止し，直接塩分の害を受けた死細胞が現われて来る。この際刺戟の伝播は，殆んど重要な役割は果していないように思われる。4‰ 以下に於ける変形状態はこのような場合で，核の位置が不定であること，原形質吐出が求心的に起ること，外縁の変形細胞が未変形細胞と接触していないこと等は原形質吐出がはげしく起つたことを示している。数日間はそれ程目立つた害を与えない程度の低塩分にあつては，刺戟なしには原形質吐出は起らないが，刺戟の影響を受けた細胞が吸水して容易に原形質吐出を起すためには充分低張であり，又刺戟の伝達が継続的に行なわれることをさまたげる程低張ではないと云う二つの条件を満しているので，典型的な病斑を形成する。6～8‰ で見られるものはこれである。更に塩分が高くなるとノリに対しては全く害はなくなるが吸水が弱くなるため変形の進行が非常に遅くなり，病斑はあまり拡大しない。しかし変形細胞が出来なくても白腐病状の萎縮細胞が拡大するのが見られることは，刺戟の伝達が尚鋭敏に行なわれているためと思われる。9～12‰ に於て見られるものはこれで，低張条件が不充分な場合である。

14‰ 以上では吸水は殆んどなく，又刺戟の伝達による原形質の凝固も可逆的であるので変形は全く拡がらない。

要するに穴くされ病に於ける原形質吐出の生起を満足させるような塩分条件は 0～8‰ で，塩分の増加とともにこの条件は次第に充足され難くなり，14‰ 以上では完全に与えられない。所がノリの生理条件からは逆に 9～18‰ では完全に無害であるが，低くなるにつれて次第に影響があらわれ，6‰ 附近では数日間で，4‰ 以下では数時間で障害があらわれて来る。このような二つの傾向の組合せによつて塩分の違いによる変形細胞の形成状態は連続的な変化ではなくて，いくつかの特徴的な型に分けることが出来る。

尚，塩分と変形形成との関係はノリ葉体の状態によつて相当変動し，一般に 11 月から 12 月にかけての成育壮期の葉体，また大森，羽田等のごとく良い漁場に生育するものは容易に変形し，時には 10‰ 以上でも旺盛な病斑の拡大が見られる。これに反し生育末期のものや不良漁場のもの，あるいは室内に持つて来てから二，三日培養したもの等では変形しにくゝ，4‰ 以下でも大して病斑の拡大しないことがある。これは機械的刺戟や低塩分のような外部条件ばかりではなく，ノリ自身の生理状態と云つた生物的な条件も重要な要因になつていることを示しており，原形質の粘度が生長の各段階あるいは生理状態で変化することからこれは当然とも云え，将来研究すべき問題であろう。

防　　除

この病害は生理的障害であるから，伝染によつて拡がるようなことはないが，条件のそろつた地域では伝染病のように一斉に発生する。このような地域の漁場では発生し易い 11 月から 12 月にかけて漁場の塩分の状態，特に降雨後の状況を注意することによつて，白腐病と同様に或程度予察出来るであろう。尚，細胞の抵抗力を増加させる Ca，Mg 等の塩を使用して発生又は拡大を防止することも考えられる。フラスキン等の薬剤がアナグサレ病の抑制に効果があると云われているが[12]，これは恐らく細胞の活動を弱めて刺戟や滲透圧に対する反応が鋭敏に行なわれなくなるためであろう。この他干出も白腐病に対すると同様有力な防止法と考えられ，また早く発生を発見し進行を停止させれば，その後多少低塩分が持続しても病害は拡大しないであろう。

白腐病との関係

白腐病は 11 月から 12 月にかけて発生し，ノリ細胞が萎縮し，紫赤色更に白色に変色して，肉眼的にも葉体の先端附近から順次白くなつて，腐敗流失するものであるが，その発生状況から主として干出及び受光

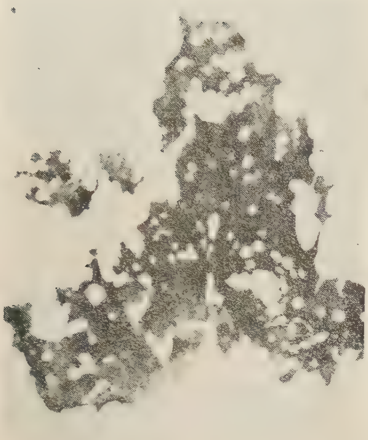
不足，高水温，低比重等の悪条件下におかれ，徒長したノリ葉体の生理障害であろうと推測されている[2]。この病患部の形態は明らかにノリの細胞が何等かの障害を受けて萎縮白化したものと思われるものであるが前に述べたようにノリの細胞が生理的障害を受けた場合には，原因が色々なつていても終には萎縮白化と云う同一の表現状態に帰結されることが多いから，白腐病を非常に広い意味に取つて「生理的障害によつて起るノリの腐敗病」と解すると，これには多くのものが含まれ，アナグサレ病も形態は異なるが，病因からは同一系統のものと見なされる。実際に天然に於てアナグサレ病と白腐病がしばしば併発することは両者の相互関係を示すものであろう。また現在白腐病として取扱われているものでも，その発生状況を仔細に観察すると種々の変化型が見られる。例えば三河湾や伊勢湾奥部によく見られる型の進行が比較的ゆるやかで，主として成葉が罹病し，病患部は割に保持されて残存し，一見雄性細胞が発達したように葉体の周縁が白くなり，発生範囲は可成り広いが時期が過ぎると回復するものや，東京湾に見られる急激に伝播して病患部は崩壊しやすく，対策が遅れると幼芽も罹病して回復困難となり，時には相当の被害を与えるが，発生はやゝ局地的で，往々他の病気と併発する型などがあり，さらに昭和 27 年及び 30 年に東京湾に発生した幼芽の脱落現象も広義の白腐病に入れることが出来ると思われる。他にも種々の型があると考えるが，今後の詳しい調査を要すると考える。三河湾型の白腐病については恐らく曇天，高温，潮汐等広い地域に共通的に仂く気候海況等が主要因であり，東京湾に見られる型のものは河川より流入する淡水や外洋から入る暖流等，局地的要素が主要因であり，発生も急激であり，また地形潮流等の影響によつて地域性を示すものと思われる。

要するにアサクサノリの生理障害による腐敗病は，原因や発生条件によつて病徴に変化が多く，全く関係の無いと思われるような症状を示すアナグサレ病も，実はそのはなはだしく特殊な場合と見なすことが出来るが，病害の発生予知，予防，対策等の上からも白腐病等と関連づけて考えた方が良いであろう。

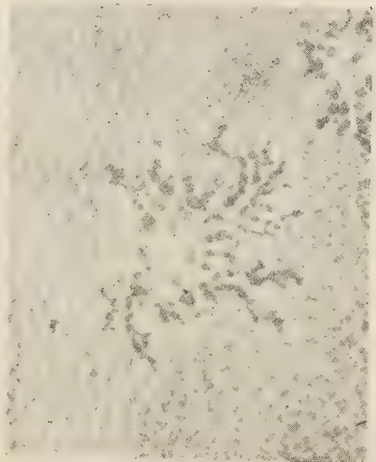
文　献

1）野沢　洽治・野沢ユリ子： 日水会誌，**20** (10)，878～880 (1955).
2）新崎　盛敏： 日水会誌，**13** (3)，74～90 (1947).
3）——： 植物防疫，**10** (6)，243～246 (1956).
4）須藤　俊造： 藻類，**1** (1)，17～21 (1952).
5）——・梅林　修： 日水会誌，**19** (12)，1176～1178 (1954).
6）——・梅林　修： 日水会誌，**19** (12)，1179～1182 (1954).
7）Lepeschkin, W. W. : *Ber. d. D. bot. Ges.* 30, 142～146 (1912).
8）Bünning, E. : *Bot. Arck.* 14, 138～164 (1926).
9）Heilbronn, A. : *Ber. d. D. bot. Ges.* 30, 142～146 (1912).
10) Kuster, E. : *Protoplasma*, **3**, 223～233 (1928).
11) Lepeschkin, W. W. : *Protoplasma*, **2**, 239～270 (1927).
12) Missbach, G. : *Protoplasma*, **3**, 327～344 (1928).

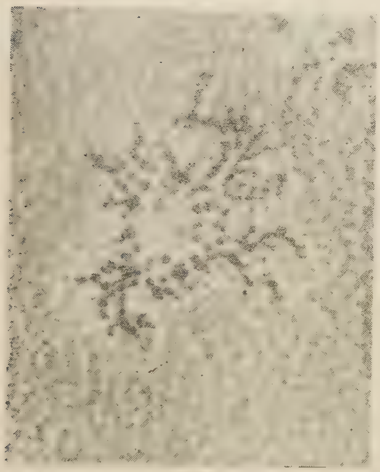
Plate I



(1)



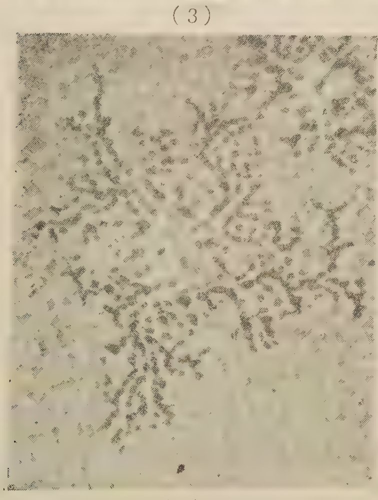
(2)



(3)



(4)



(5)

(1): A perforating frond. (2)～(5): Successive stages in radial figure formation of perforating disease, respectively 3-, 6-, 9- and 12 hours after operation.

Plate Ⅱ



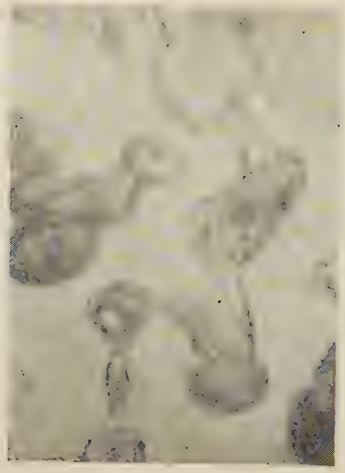
(6)



(7)



(8)



(9)



(10)

(6)～(10): Successive stages in the cell deformation of perforating disease, takes about 10 mintes to accomplish the deformation.

海洋性硫酸塩還元細菌に関する研究 VI. 有機質廃水の流下する河川，特にその河口附近における硫化物の生成機構について（その 1）

木俣正夫・門田　元・畑　幸彦・三好英夫
（京都大学農学部水産微生物学研究室）

Studies on the Marine Sulfate-reducing Bacteria——VI. Production of Sulfides in the Estuarine Region of the River Receiving a Large Amount of Organic Drainage (1)

Masao KIMATA, Hajime KADOTA, Yoshihiko HATA and Hideo MIYOSHI

With the aim of elucidating the mechanism of the sulfides production by sulfate-reducing bacteria in the estuarine region of the river receiving industrial and municipal drainages which contain organic matter in high concentration, we observed the distribution of sulfate-reducing bacteria, sulfides, sulfates, chlorinity, organic matter, etc. in the water and in the bottom mud in the Takano River, and subsequently studied the factors which participate in the sulfides production in such a region of the river. The Takano River receives a large amount of drainages from a pulp factory and Maizuru City, and discharges itself into Maizuru Bay.

Station where the present ecological observations were carried out are shown in Fig. 1.

Results obtained are as shown in Tables 1 and 2, and in Figs. 2, 3 and 4, and may be summarized as follows:

1) In the river water relatively small number of sulfate-reducing bacteria were sporadically distributed regardless of the distance from the mounth of the river. It is thought that the cells of these bacteria detected in the overlying river water were brought by the water movement from the bottom mud where was the proper inhabiting place of these bacteria.

2) In the bottom mud of the river, the distribution of sulfate-reducing bacteria, in the case of anyone of marine and fresh-water types, was influenced by the chlorinity of the bottom water (Figs. 2 and 3). However, the total counts of the sulfate-reducing bacteria including both types in the mud were hardly influenced by the chlorinity of the bottom water; total aulfate reducers were almost evenly distributed in high count in the mud throughout sea-water zone, brackish zone and fresh-water zone.

3) The distribution of total sulfate-reducing bacteria in the bottom mud was also hardly influenced by organic content of the mud or sulfate content of the river the growth or the counts of the total sulfate-reducing bacteria in the bottom mud was not limited by organic content of the mud or sulfate content of the bottom water, viz., in these bottom muds sulfate and organic matter were sufficiectly present for the growth of the sulfate-reducing bacteria (Figs. 2, 3, 4 and Table 2). It was generally found that organic matter contained in the bottom mud of this region of the river was higher in concentration and more easily decomposable than those contained in the bottom mud of the sea.

4) On the contrary, the production of sulfides in the bottom mud by the sulfate-reducing bacteria was principally influenced by the sulfate content of the bottom water and the concentration of available organic matter in the mud. In the fresh-water zone where the sulfate content of the bottom water was very small, the production of sulfides in the bottom mud was mainly suppressed by the low concentration of sulfate in the bottom water; in the sea-water zone where the sulfate content of the bottom water was sufficient, the production of sulfides in the mud was

1956 年 12 月 12 日受理

primarily controled by the organic content of the mud in brackish zone where both sulfate and available organic matter were sufficiently present, sulfides produced by the sulfate-reducing bacteria were found in very high concentration (Figs. 3, 4 and Table 2).

パルプ工場廃水或いは製紙工場廃水が多量に放流される沿岸海域の海水及び底土中における硫酸塩還元細菌・硫化物等の分布状態，並びにこのような海域における硫化物の生成機構に関しては既に報告したが，[1)2)] 今回は更に，パルプ工場廃水が直接海域に放流されず，比較的長い距離にわたり河川を流下して海に流入する場合，その流下域の河水及び底土中で硫酸塩還元細菌，硫化物等が如何なる分布状態を示すかを観察し，このような水域，特にその河口附近の淡水と海水の交錯する水域における硫化物の生成機構について二，三の考察を試みたのでその結果について報告する。

実　　験

舞鶴湾に流入する高野川の，河口附近の海水域より半鹹水域を経て純淡水域に至る間の諸地点 (Fig. 1) において 1955 年 6 月 3 日の干潮時及び同 6 月 8 日の満潮時に，水及び底土中における硫酸塩還元細菌，硫化物，塩化物等の分布に関して諸種の観測測定を行なつた。

この川は，河口より約 2,400m 上流の地点にグラウンドパルプ工場（排水量 1 日約 1,000 トン）を控え，その廃水と共に舞鶴市西地区の都市廃水の一部もこの川を経て舞鶴湾に放流されており，河口附近においては盛んに硫化水素が生産されている。なお，この川の流量は地点 7（河口附近）で約 0.25m^3/sec である[3)]。

実 験 方 法

硫酸塩還元細菌の計数は，海水で調製した Medium 1[1) 2)] と，淡水で調製した Medium 6 の両培地を用い，extinction dilution method により 30°C で行なつた。

Medium 6: Medium employed for enumerating fresh-water sulfate-reducing bacteria.

Ca-lactate	3.5g.
Beef extract	1.0
Peptone	2.0
L-Ascorbic acid	0.1
Na_2SO_4	1.5
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	2.0
K_2HPO_4	0.5
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2
Agar	3.0
Tap water	1,000cc.
pH 7.5	

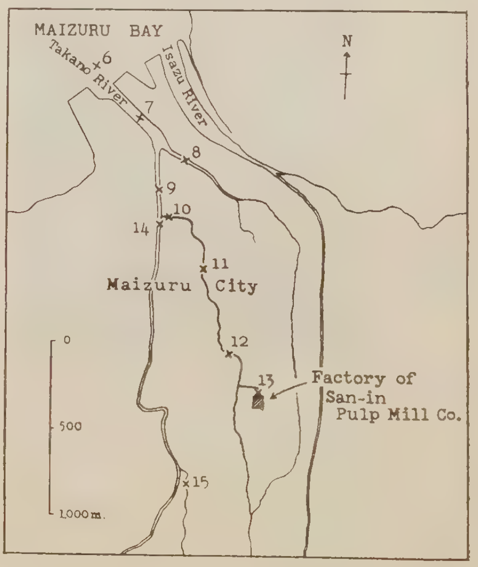


Fig. 1. Stations where the present experiment was carried out.

硫化物の定量は富山・神崎の方法[4)] により，その他の観測測定は海洋観測法[5)] 及び海洋観測指針[6)] に準じて行なつた。

実 験 結 果

観測測定の結果は Table 1 に示す通りである。即ち，海水培地に発育する硫酸塩還元細菌の数は，水については，純淡水域にある地点 14 及び 15 において皆無であつた以外は何れの地点でも大差なく，1～10^2/cc であつた。底土については，河口附近の海水域（地点 6）から地点 10（河口から約 900m 上流）附近迄の間においては，地点により多少の差はあつても一般に非常に多く，10^4～10^5/g で，舞鶴湾沿岸海域における有機物含有量の最も多い底土のそれとほゞ匹敵した。然し，これより上流（地点 11 より上流）に溯ると急

Table 1. Contents of sulfate-reducing bacteria, sulfides, chlorides and or[
from various stations in the Takano River (

Station number	Distance from the mouth of the river (m.)	Depth of overlying water (m.)	Depth of water collected (m.)	Temperature of water (°C.)	Temperature of mud (°C.)	Chlorinity of water (0/00)	C.O.D. of mud (O₂ consumed mg./g. dry mud)	C. wa co mg
	−100	8.2	0 7.2	22.6 18.1	18.9	18.02 18.92	25.7	
	300	2.9	0 1.9	20.8 20.0	19.6	15.75 18.26	65.5	
	700	0.5	0.3	22.0		2.41	45.4	
	700	0.6	0.5	22.9		12.92		
	750	0.7	0 0.6	20.0		2.04 2.13	85.0	
	750	0.8	0.7	21.4		16.54		
	900	0.4	0	20.0		0.04	77.4	
	900	0.5	0.4	21.4		0.59		
	1,400	0.2	0	20.4		0.0	140.8	
	2,000	0.2	0	20.0		0.0	107.4	
	2,400	0.15	0	22.0		0.0	87.3	
	1,000	0.45	0	21.5	20.7	0.0	7.9	
	2,800	0.2	0	22.2	20.3	0.0	18.7	

Z.B. : At the stations 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 and 15, water and mud samples were co
At the stations 8′, 9′ and 10′, water samples were collected at high tide on June 8, 195

* Bacteria developing on sea-water media.

** Bacteria developing on fresh-water media.

ganic matter of water and bottom mud samples collected
June 3 or 8, 1955)

D. D. of ter (O_2 nsumed g./L.)	Loss on ignition (% of dry mud)	Free H_2S content of mud (mg./g. dry mud)	Content of total sulfides (H_2S mg./g. dry mud)	Number of sulfate reducers in 1 cc. or 1 g. of sample	
				Marine formes*	Fresh-water formes**
4.0				$10-10^2$	0
4.0				$1-10$	0
	12.12	0.294	0.755	10^4-10^5	10^2-10^3
8.0				$10-10^2$	$10-10^2$
6.0				$1-10$	0
	14.09	1.572	4.780	10^4-10^5	10^4-10^5
46.0				10^2-10^3	10^3-10^4
	6.82	0.588	4.575	10^7-10^8	10^6-10^7
14.4				10^2-10^3	$10-10^2$
14.0				10^2-10^3	10^2-10^3
	17.60	1.450	6.250	10^6-10^7	10^6-10^7
10.4				10^2-10^3	0
32.0				$1-10$	10^3-10^4
	20.50	1.253	1.696	10^6-10^7	10^5-10^6
56.4					
65.2				$1-10$	10^3-10^4
	24.81	0.608	1.175	$1-10$	10^6-10^7
74.0				$1-10$	10^2-10^3
	17.75	0.538	1.972	$1-10$	10^5-10^6
496.0				$1-10$	10^3-10^4
	35.60	0.502	0.794	10^2-10^3	10^6-10^7
8.0				0	10^2-10^3
	3.40	0.047	0.082	$1-10$	10^5-10^6
12.0				0	$10-10^2$
	7.02	0.010	0.210	0	10^4-10^5

llected at low tide on June 3, 1955.
.

激に減少し，地点 15 では皆無となつた。

淡水培地に発育する硫酸塩還元細菌の数は，水については，河口附近の海水域（地点6）で皆無であつた以外は何れの地点でも大差はなく，10～10^3/cc 程度であつた。一方底土についても，地点6では甚だ少なく 10^2～10^3/g であつたが，それより上流では何れの地点でも大差なく，10^4～10^6/g 程度であつた。

而して，底土中における硫酸塩還元細菌の総数（海水培地に発育するもの及び淡水培地に発育するものを合わせての）は，河口附近の海水域から上流の純淡水域に至る迄の全水域を通じて 10^4～10^5/g 程度であつて，一般の沿岸海域に比してかなり大きい値を示した[1)2)]。

水の chlorinity は，干潮時には，地点6では淡水による稀釈の影響を殆んど受けていなかつたが，地点7ではその影響が表層水に幾分現われていた。地点8及び9では表層，底層を通じて殆んど淡水であり，地点10，より上流では完全に淡水であつた。一方満潮時には，地点 10 附近迄海水侵入の影響を受け，地点8及び9の底層水は 12‰以上の chlorinity を示した。

底土の硫化物含有量は，地点6では舞鶴湾内の有機物含有量の多い底土のそれと大差はなかつたが，地点7，8及び9ではそれより遙かに大となり，更に上流に溯ると再び急激に減少した。

又，底土の C.O.D. は河口附近からパルプ工場の排水口附近（地点 13 附近）に至る迄の間に徐徐に増加し，且つ一般に海域に比して極めて大きい値を示した。一方，パルプ工場廃水の影響を受けない高野川本流にある地点 15 では，廃水流下域に比して遙かに小ではあつたが，なお一般海域に比してやゝ大きい値を示した[1)2)]。

考　　察

水の流動の激しい河川の水中に存在する硫酸塩還元細菌は，恐らく底土中に生活するものゝ一部が攪拌により浮上したものと考えられるので，その分布の傾向は河川の水質を論ずる場合，あまり大きい意味を持たないと考えられる。しかし，底土中の硫酸塩還元細菌は，その存在場所における硫化物の生産を支配しているものと考えられるので，以下主としてこれに関して考察することゝする。

Table 1 から明らかなように，この水域においても底土中の硫酸塩還元細菌及び硫化物の分布と，底土の C.O.D. 及び底層水の chlorinity との間には或る種の相関関係が存在する。これらの間の関係を，より理解しやすくするために図示すれば，Fig. 2～4 の如くになる。

先ず，硫酸塩還元細菌の分布状態と，chlorinity との関係について考察する。海水培地に発育する硫酸塩

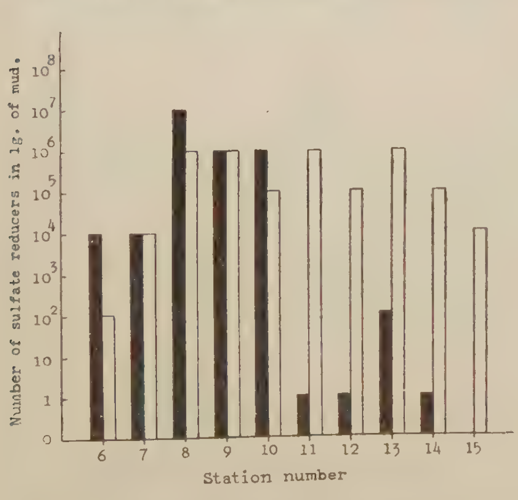


Fig. 2. Number of marine or fresh-water sulfate-reducing bacteria in mud samples collected from various stations in the Takano River.
■: Marine sulfate reducers;
□: Fresh-water sulfate reducers.

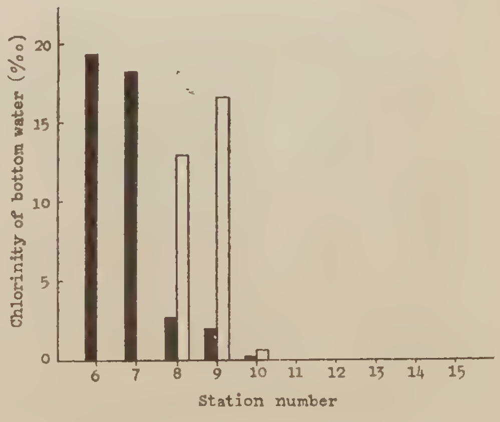


Fig. 3. Chlorinity of bottom water samples collected from various stations in the Takano River.
■: At low tide ;
□: At high tide.

還元細菌* の分布状態と底層水の chlorinity との関係を Fig. 2 及び Fig. 3 についてみると，この細菌は chlorinity の高い海水域から，多少共海水の影響を受ける地点 10 迄の間の半鹹水域には，若干の差はあつてもほゞ一様に多数分布しているが，地点 11 より上流の，海水の影響を受けない純淡水域には極めて少ない。既報[8] の通り，この種の細菌は海洋性細菌であり食塩濃度 3.0%附近をその発育至適鹹度とするから，これが淡水域に極めて少ないのは当然であるが，その至適鹹度から相当に離れた低鹹水域にある地点 10 においても高鹹水域におけると同程度に多数この細菌が存在するのは，このような環境の水域では，底層水の chlorinity が 0.5‰ 程度以上である場合には，chlorinity 自体がこの細菌の数（生育速度等に対する影響は別として）を制限する要因とはならないことを示しているものと云えよう。

一方，淡水培地に発育する硫酸塩還元細菌**の分布状態と底層水の chlorinity との関係を Fig. 2 及び Fig. 3 についてみると．chlorinity の高い海水域（地点 6）ではこの細菌は甚だ少ないが，僅かながらも淡水による稀釈の影響を受けている地点 7 より上流にはほゞ同程度に多数存在している。既報[9] の如く，この細菌は淡水性細菌であり，その発育速度は食塩濃度の低い培地における程大きい。従つて，河口附近の海水域においてこれが極めて少ない原因は恐らく高塩分濃度によるものと思われるが，地点 7 より上流の水域ではこの細菌の数に著しい差異が認められないのは，このような水域では或る程度以上に淡水による稀釈を受ける場合には，chlorinity 自体がこの細菌の数（発育速度等に対する影響は別として）を左右する要因にはならないことを示すものと考えられる。

要するに，以上に述べた海洋性及び淡水性の硫酸塩還元細菌の分布状態から，このような海水及び淡水の交錯する水域には，海洋性及び淡水性の二群の硫酸塩還元細菌が一般には殆んど同程度の数に存在しており，それぞれの分布が chlorinity により制限を受けるのは純海水域及び純淡水域においてのみであることがわかる。なお Table 1 の 8′，9′ 及び 10′ に示したのは満潮時における観測結果であるが，これによると地点 8，9 及び 10 附近の底土は海水，淡水の両者によつて交互に洗われ，満潮時には海洋性種が，干潮時には淡水性種が，それぞれ活動するのに適した環境条件となることが予想される。

一方，塩分濃度の高い海水域（地点 6）にも淡水培地に発育し得る細菌がかなり存在し，又純淡水域（地点 11 より上流）にも海水培地に発育し得るものが僅かながら存在することが見出されたが，この事実は如何なる意味をもつものであろうか。著者らが先に，海洋性種[1)2)8)] 及び淡水性種[9] として報告した硫酸塩還元細菌は，何れも狭塩性であり範広囲の食塩濃度に対する適応性を示さなかつたが，上述の如き硫酸塩還元細菌の分布状態から考えると，このような水域には典型的な海洋性種及び典型的な淡水性種の他に，極めて広範囲の食塩濃度において発育し得る広塩性種が若干存在し，これが淡水，海水両培地に出現したのかも知れない。この点については現在追究中である。

次に，このような水域に存在する硫酸塩は主として海水に由来するものと考えられ，従つてその濃度の分布は恐らく chlorinity の分布と並行するものと予想されるが，この点を確かめるため，Table 1 の観測を行なつた翌年の 1956 年 6 月 4 日の干潮時及び満潮時に，高野川の前回と同様の各地点において表層水及び底層水の硫酸塩濃度*** 及び chlorinity を測定した。その結果は Table 2 に示す通りであつて，干潮時，満潮時を通じて河口附近の海水域（地点 6）から，多少共海水の影響を受ける地点 9 ****に至る迄の間の半鹹水域では，硫酸塩濃度が chlorinity と並行して変化し SO_4^{--} と Cl^- の比は常にほゞ海水の場合と同様の一定値を示したが，それより上流（地点 10 より上流）の淡水域では，硫酸塩濃度及び chlorinity は共に急激に低下し，又 SO_4^{--} と Cl^- の比は海水域及び半鹹水域の場合と異なり地点により区々であり一定の値を示さなかつた。即ち，地点 9 よりも下流の水域に存在する SO_4^{--} は大部分が海水に由来するものであり，その

* "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology" 6 th ed.[7] によれば *Desulfovibrio aestuarii* 類似のものと考えられる。

** "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology" 6 th ed.[7] によれば *Desulfovibrio desulfuricans* 類似のものと考えられる。

*** 硫酸塩の定量は硫酸バリウム法（重量法及び比濁法）[10] に拠つた。

**** この測定を行なつた 1956 年度には，1955 年度の観測の際とは異なり満潮時においても地点 10 附近には海水の影響が認められなかつた。

Table 2. Sulfates and chlorides content of water samples collected from various stations in the Takano River (June 4, 1956)

Station number	At high tide (a.m. 10.00) Depth of sample collected (m.)	Temperature of water (°C.)	SO_4^{--} (g./L.)	Cl^- (g./L.)	$\frac{SO_4^{--}}{Cl^-}\times100$	At low tide (p.m. 4.30) Depth of sample collected (m.)	Temperature of water (°C.)	SO_4^{--} (g./L.)	Cl^- (g./L.)	$\frac{SO_4^{--}}{Cl^-}\times100$
6	0	24.3	1.767	12.85	13.7					
	7.0	17.4	2.631	18.77	14.0	6.0	17.7	2.577	18.59	13.9
7	0	20.8	0.640	4.63	13.8					
	3.5	19.9	2.417	18.18	13.3	2.3	19.4	2.324	18.05	12.9
8	0	21.1	0.139	0.95	14.6	0	26.0	0.044	0.31	14.2
	0.5	21.1	1.716	12.24	14.0	0.4	33.8	1.320	9.06	14.6
9	0		0.059	0.38	15.5	0	27.6	0.067	0.52	12.9
	0.8		1.302	9.12	14.3	0.5	24.6	—	14.63	—
10	0.15		0.0095	0.0162	58.6	0.15	25.3	0.0082	0.0150	54.6
11	0.15		0.0095	0.0195	48.7	0.15		0.0110	0.0155	71.0
14	0.15		0.0058	0.0155	37.4	0.15		0.0053	0.0137	38.6

濃度も比較的高いが，地点 10 よりも上流の水域に存在する SO_4^{--} は海水に起源を有するものではなく，その濃度は極めて低いことが明らかになつた。そこで，Table 2 に現われた結果を参照しながら，Fig. 2 及び Fig. 3 から底層水の硫酸塩濃度と底土の硫酸塩還元細菌数との関係について次に考察する。

干潮時，満潮時を通じて海水の影響を全く受けず，従つて硫酸塩濃度の極めて低い純淡水域（地点 10 より上流）の底土中にも，硫酸塩が高濃度に存在する海水域乃至半鹹水域におけるとほゞ同程度に多数の硫酸塩還元細菌が存在することがこれらの図から明らかであるが，これは恐らくこれらの細菌が極めて低い濃度にしか硫酸塩が存在しない場合にも充分に発育することを意味するものであつて，この水域では純淡水域においてさえも硫酸塩の濃度がこれらの細菌の数を制限する要因とはなつていないことを示すものと考えられる。この点については更に培養実験を行なつて明らかにしたい。

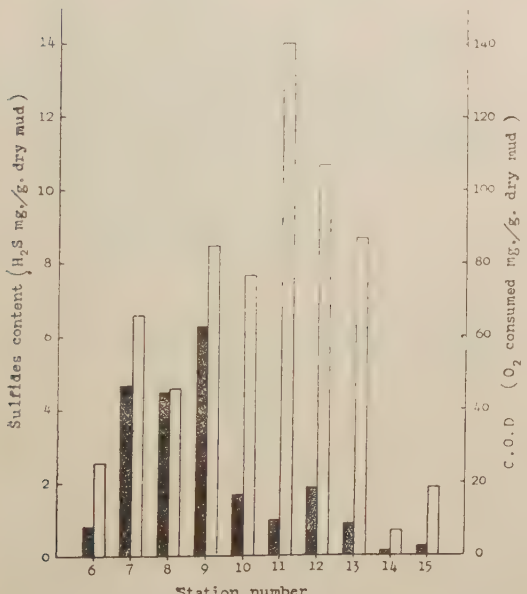


Fig. 4. Relation between sulfides content and C.O.D. of mud samples collected from various stations in the Takano River.
■: sulfides conten ; □: C.O.D.

次に，底土中におけるC.O.D. の分布と硫酸塩還元細菌の分布との関係を，Fig. 2 及び Fig. 4 について考察する。C.O.D. は Fig. 4 にみられるように地点により相当の開きを示すが，硫酸塩還元細菌の総数は Fig. 2 にみられるように全地点を通じて大差がないから，このような水域においては既報の沿岸海域の場合[1)2)]とは異なり，C.O.D. がこれらの細菌の数を制限する要因とはなつていないことがわかる。事実，この水域の底土のC.O.D. は一般には沿岸海域のそれよりも高い値を示し，又 C.O.D./灼熱減量の値も一般に沿岸海域の底土のそれよりも遙かに高い。このこと

は，この水域の底土中に含まれている有機物が一般沿岸海域の底土中に存在する有機物に比して量的に多く，又質的には遙かに分解されやすい（従つて硫酸塩還元細菌に利用されやすい）性質のものであることを示している。

又，Fig. 2 及び Fig. 4 から明らかなように，底土の硫化物含有量の分布は硫酸塩還元細菌の総数と相関せず，半鹹水域にある地点9を最高としてその上流及び下流に向つて漸減している。この漸減傾向のうち，下流へ向つての減少は，底層水の硫酸塩濃度（前述のようにこの水域においてはほゞその chlorinity と並行するものと考えられる）とは相関しないが底土の C.O.D. の値とは概ね並行するから，此処の底土の硫化物含有量は其処に存在する硫酸塩の濃度によつては制約を受けず，むしろ硫酸塩還元反応に用いられる水素の供給源としての有機物の濃度により支配されているものと考えられる。而して，このことは一面，これらの細菌による硫酸塩還元反応に対する水素供与体としての有機物の有効濃度の最高限界が，これらの細菌の発育に対するその有効濃度の最高限界よりは遙かに高いことを暗示している。一方，地点9より上流へ向つての減少は，C.O.D. の値とは全く相関しないが，これはこの水域には海水が殆んど又は全く侵入せず，従つて硫化物の硫黄源としての硫酸塩の濃度が極めて低いことに起因するものと思われる。即ち，この水域では硫酸塩の濃度が底土中における硫化物の生産を制限する要因となつているものと考えられる。又，このことは一面，硫酸塩還元細菌による硫酸塩還元反応に対する硫酸塩の有効濃度の最高限界が，これらの細菌の発育に対するその有効濃度の最高限界より遙かに高いことを暗示している。

これらの事実から，淡水と海水とが交錯し，而も比較的高濃度に有機物が供給されるような河川水域では，底土中の硫酸塩還元細菌の数は上流，下流を通じてあまり大差はなく何れの地点にも多数の硫酸塩還元細菌が存在し，有機物，硫酸塩の何れもがこの細菌の数に対する制限要因とはならないが，底土中における硫化物の生産はこの両者の濃度により影響を受け，硫酸塩濃度の高い河口附近の水域では有機物の濃度が，又硫酸塩濃度の低い上流水域では硫酸塩の濃度が，それぞれ硫化物の生産に対する制限要因となつているものと考えられる。従つて，上流の水域に硫酸塩が，又は河口附近の水域に可利用有機物が，それぞれ多量に供給されゝば，其処の底土中に存在する硫酸塩還元細菌はたゞちにこれらと反応して急激に多量の硫化物を発生せしめるものと予想される。

摘　　要

パルプ工場廃水及び都市廃水の流下する高野川の，河口附近の海水域から半鹹水域を経て上流の純淡水域に至る間の諸地点において，水及び底土中における硫酸塩還元細菌，硫化物，硫酸塩，chlorinity，C.O.D. 等の分布状態を観察し，その結果に基いて，このような有機質廃水の流下する河川水域における硫化物の生成機構を種々の観点より検討して次の如き知見を得た。

1. 水中における硫酸塩還元細菌の数は底土のそれに比して著しく少なく，且つ全水域を通じてその分布に顕著な特長は見出されない。これらの細菌は，恐らく底土中に存在するものゝ一部が水の流動攪拌により浮上したものと考えられる。

2. 底土中における海洋性硫酸塩還元細菌及び淡水性硫酸塩還元細菌の分布は，いずれも或る程度鹹度により影響を受け，前者は純淡水域には極めて少ないが半鹹水域及び海水域にはほゞ一様に多数存在し，一方後者は純海水域には極めて少ないが半鹹水域及び純淡水域にはほゞ同程度に多数存在している。然し，両者を合わせての総数は全水域を通じて大差なく，何れの地点にも多数存在している。

3. 底土中に存在する有機物は，既報の沿岸海域の底土のそれに比して量的に多く又質的にもより分解されやすい性質のものであるため，沿岸海域の場合とは異なり，この水域では一般には有機物の濃度が底土中におけるこの細菌の数を制限する要因とはならないものと考えられる。

4. 海水の影響を全く受けず従つて硫酸塩の濃度の極めて低い純淡水域の底土中にも，高濃度に硫酸塩が存在する海水域乃至半鹹水域におけると同程度に多数の硫酸塩還元細菌が存在するが，これはこの細菌がその発育に必要とする硫酸塩の濃度が極めて低いため，純淡水域においてさえも硫酸塩の濃度がこの細菌の数を制限する要因とはなつていないことを示すものと云えよう。

5. 以上のように，この水域の底土中においては，硫酸塩還元細菌の分布は其処に存在する有機物及び硫

酸塩の濃度により殆んど影響を受けないが，この細菌により生産される硫化物の量はこれらの要因により影響を受け，一般にその値は硫酸塩及び有機物が揃つて高濃度に存在する半鹹水域において最も大であり，それより純海水域又は純淡水域に近づくに従つて減少する。而して，この水域の底土中における硫化物の生産量は，硫酸塩の濃度の低い淡水域においては硫酸塩の濃度に支配され，又硫酸塩の濃度の充分に高い海水域では有機物の濃度に支配されるものと推定される。

本研究費の一部は日本ユネスコ国内委員会の委託研究費及び昭和 30 年度文部省科学研究費によつた。

文　献

1) 木俣正夫・門田　元・畑　幸彦・田島卓明：本誌，**21**，102—108 (1955).
2) M. Kimata, H. Kadota, Y. Hata, and T. Tajima : *Records of Oceanographic Works in Japan*, **2**, 85—93 (1955).
3) 岡本夏男：海と空，**31**，1—10 (1955).
4) 富山哲夫・神崎嘉瑞夫：本誌，**17**，115—121 (1951).
5) 日本気象学会："海洋観測法"，5 版，東京 (1949).
6) 日本海洋学会："海洋観測指針"，東京 (1955).
7) R.S. Breed, E.G. Murray, and A.P. Hitchens : "Bergey's Manual of Determinative Bacteriology" 6th ed., The Williams and Wilkins Co., Baltimore, U.S.A. (1948).
8) 木俣正夫・門田　元・畑　幸彦・田島卓明：本誌，**21**，109—112 (1955).
9) 木俣正夫・門田　元・畑　幸彦：日本水産学会 1955 年度秋季大会において講演.
10) 三宅泰雄："水質分析"，小山書店，東京 (1949).

Studies on Pigments of Marine Animals-Ⅲ.*
Echinochrome A from the Spines of Sdnd-dollar, *Echinarachnius mirabilis*

Kokichi NISHIBORI
(*Notre Dame Scishin College, Okayama*)

A number of experimental studies have been made on the pigments of sea-urchins and 9 spinochromes[1] have been isolated from the spines of various sea-urchins but there has been no satisfactory report on the pigments of *Echinarachnius mirabilis*, which has a very flat test covered with dark violet-brown spines (2-3 mm. in length).

A naphthoquinone pigment (m.p. 215-6, °$C_{12}H_{10}O_7$) has been isolated as the principal pigment of these spines and the general properties are summarized in Table 1.

This pigment is soluble in $NaHCO_3$ solution with a red-brown colour (A), and in dilute alkaline solution with an orange colour.

The trimethyl derivative (m.p. 131-2°, red long needles, $C_{15}H_{16}O_7$) methylated with CH_2N_2 is no more soluble in $NaHCO_3$ solution but is soluble in dilute alkaline solution with a violet blue colour, not red-brown (B).

Reductive acetylation gives the colourless rod-like heptaacetyl derivative (m.p. 242-3°, decomp. $C_{26}H_{26}O_{14}$).

With Ag_2O, free pigment gives a dehydro derivative (yellow leaflets, absorption maximum at 390 mμ in methanol) which is easily regenerated to its original red form by passing H_2S (C).

(A) shows the presence of at least one OH group at β-position of α-quinone ring.[2] (B) shows the presence of two OH groups which are not methylated with CH_2N_2 at α-position.[3] (C) shows the presence of two OH groups at 2, 3-position of α-quinone ring.[4] These properties indicate that the principal structure of this pigment is 3-hydroxynaphthopurpurin.

Moreover the analytical data and the other properties (m.p., absorption maxima etc.) of this pigment and of its derivatives are closely agreeable with the recorded data for echinochrome A[1)5)6)7)] (m.p. 220°, absorption maxima, 463, 490, 525 mμ. in chloroform; methylderivative m.p. 133°; leuco-acetyl derivative m.p. 240-5°) than those of spinochromes.

Neither the fall of melting point nor the displacement in spectrum was observed by mixed examination with echinochrome A.

It has been comfirmed that this pigment is identical with echinochrome A and the presence of echinochrome A in spines of sand-dollars, which LEDERER had stated with GLASER[5)6)] and comfirmed later[1)], was fully comfirmed.

Received Nov. 13, 1956

* This work has been carried out at Hokkaido University.

Experimental

1. EXTRACTION AND ISOLATION

Fresh spines, which were easily scraped off, were first washed with water and dissolved in 2N-HCl under the presence of ether. The red pigments were extracted with ether and then transferred into saturated $NaHCO_3$ solution. Then the deep red brown $NaHCO_3$ solution was washed with ether and the pigments were extracted again with ether after acidification with N-HCl under the presence of ether. The ethereal extract was washed with small amounts of water and then dried over anhydrous Na_2SO_4 and the ether was removed at a low temperature. Deep red crystalline residue was dissolved in warm dioxan-water and then red needle-like crystals of the pigment were gradually separated on cooling.

After recrystallization from the same solvent, m.p. shows 215-6°. The purified pigment formed a single zone by chromatographic adsorption on $CaCO_3$ from the ethereal solution and ether development.

The yield rate was about 0.2% (crude crystals from fresh wet spines).

Analytical ;

	sample mg.	H_2O mg.	CO_2 mg.	C %	H %
Found	4.308	1.704	8.578	54.34	4.52
Calc. for $C_{12}H_{10}O_7$	······	······	······	54.14	3.79

M.W.; 256 (by Rast method)

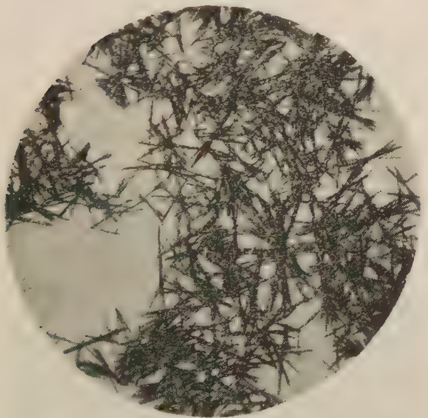


Fig. 1. Echinochrome A from the spines of *E. mirabilis*.

Table 1. The properties of the pigment from the spines of *Echinarachnius mirabilis*

Crystalline form	Dark red-brown needles
Melting point	215-6°
Absorption maxima	467, 487, 524 mμ in chloroform
	467, 492, 522 mμ in ether
	465, 488, 525 mμ in benzene
Solubility	
insoluble	Petroleum ether,
soluble	Ethyl ether, Acetone, Benzene, Ethylalcohol, Dioxan, conc. H_2SO_4, Hot-water
Ferric chloride	Dirty violet-black
Methanolic lead acetate	Dark violet ppt.

2. METHYLATION

Seventy nine mg. of the crystalline pigment in 5 ml. of dried ether was reacted with CH_2N_2 (in ethereal solution) after the addition of trace of methanol. When the reaction was completed, the resulting mixture was washed with saturated $NaHCO_3$ solution and with water and then dried over anhydrous Na_2SO_4. After that, the ether was removed in vacuo at room temperature and the deep red crystalline residue was obtained. The methyl derivative was crystallized from warm dioxan-water as deep red long needles, m.p. 131-2°. The yield was about 17 mg. The methylderivative was insoluble in water and in $NaHCO_3$ solution but soluble in dilute alkaline solution with a violet-blue colour. $FeCl_3$ reaction (+), green colour.

Analytical ;

	sample mg.	H_2O mg.	CO_2 mg.	C %	H %
Found	3.142	1.463	6.693	58.13	5.21
Calc. for $C_{12}H_7O_4$ $(OCH_3)_3$				58.35	5.29

Absorption maxima.

476, 502, 530 mμ (in ether)
475, 502, 537 mμ (in chloroform)

3. REDUCTIVE ACETYLATION

Eighty two mg. of the crystalline pigment in 1.5 ml. of acetic acid anhydride was refluxed for 1/4 hour in a boiling water bath with 1.5 mg. of Zn dust and 0.7 ml. of pyridine. The colour changed from red to light yellow immediately. The resulting mixture was filtered into 40 ml. of cold water and granular white precipitates thus obtained, were dried in vacuo at room temperature. The leuco-acetyl derivative was crystallized from hot glacial acetic acid as colourless fine rods, m.p. 242-3° (decomp.).

The yield was 34 mg., $FeCl_3$ reaction (−).



Fig. 2. Trimethyl echinochrome A from *E. mirabilis.*

Analytical,

	sample mg.	H_2O mg.	CO_2 mg.	C %	H %
Found	2.318	0.964	4.676	55.05	4.65
Calc. for $C_{12}H_5O_7$ $(CH_3CO)_7$				55.50	4.66

Absorption maximum, 295 mμ (in methanol)

4. DEHYDRATION OF THE PIGMENT AND REDUCTION OF DEHYDRO-DERIVATIVE

A 2.3 mg. sample of the crystalline pigment in 2 ml. of dried ether was shaken for 1/2 hour with 7 mg. of Ag_2O at room temperature. The resulting yellow ethereal solution separated from Ag_2O, was evaporated to dryness in vacuo at room temperature. The dehydroderivative was obtained as orange-yellow leaflets (absorption maximum at 390 mμ in methanol).

The dehydroderivative in warm water was easy regenerated to the original red pigment by passing H_2S. From the regenerated solution, the crystalline pigment (m.p. 215°) was recovered.

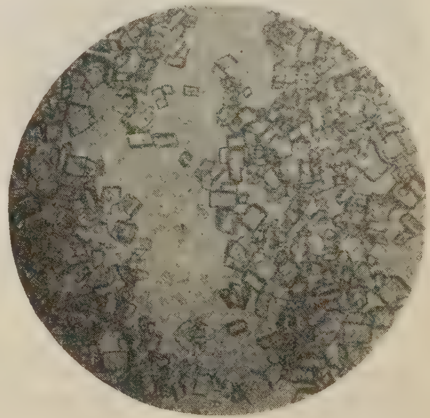


Fig. 3. Leuco acetyl echinochrome A from *E. mirabilis.*

5. MIXED EXAMINATION WITH ECHINOCHROME A

Echinochrome A* used in this article, gives m.p. 215-8° and absorption maxima at

* This pigment, which had been isolated from the spines of *Paracentrotus lividus*, was given by Dr. LEDERER.

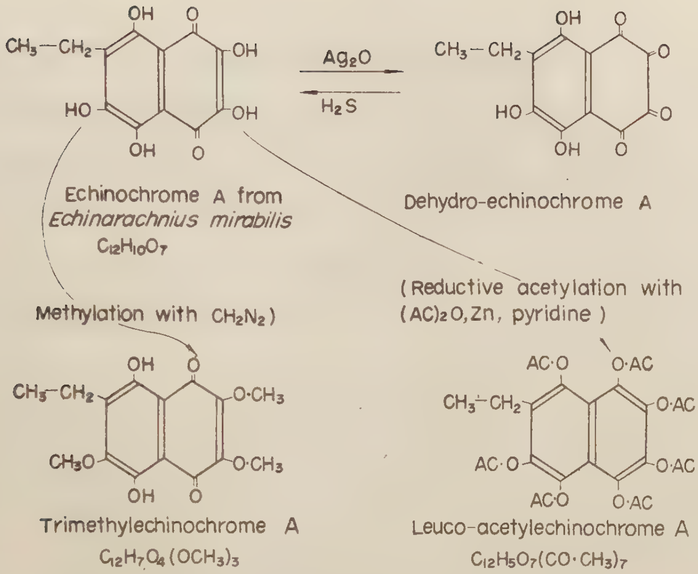


Fig. 4. Relation between free pigment and its derivatives.

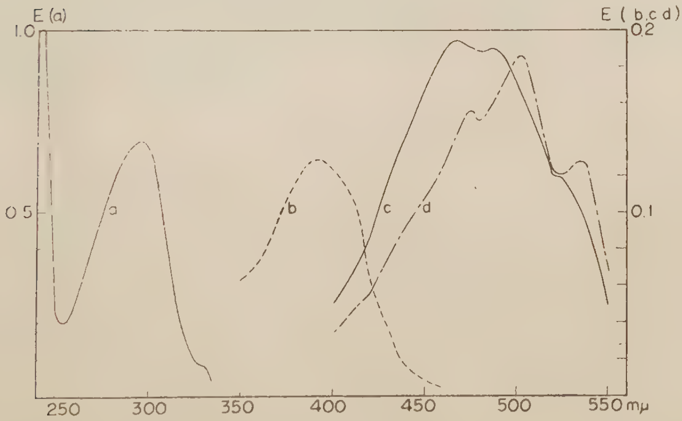


Fig. 5. Absorption spectra of free pigment and of its derivatives.

a) Leuco acetyl derivative in methanol. b) Dehydro derivative in methanol.
c) Free pigment in chloroform. d) Methylderivative in chloroform.

465-80, 490, 525 mμ* in chloroform.

Mixed m.p. was 216° and the mixed spectrum showed the maxima at 465-75, 488, 524 mμ in chloroform.

Summary

Echinochrome A has been isolated from the violet-brown spines of sand-dollar, *Echinarachnius mirabilis*.

The presence of echinochrome A in spines of sand-dollar was fully comfirmed.

* Measured by the author.

Acknowledgments

The author wishes to express his deep gratitude to Professor Y. NAKAMURA and to Professor T. SAITO, Hokkaido University, for their encouragement and guidance.

The suggestion and information concerning this work offered by Dr. C. KURODA and Miss M. OKAJIMA, Scientific Research Institute in Tokyo, and Dr. E. LEDERER, Institut de Biologie Physico-Chimique in Paris, who gave the echinochrome A to the author are gratefully acknowledged.

The author thanks to Mr. K. OHIZUMI, Tokyo Industrial Experimental Station, for elementary analysis and to Mr. T. YAMAZAKI, Marine Laboratory of Hokkaido University at Oshòro Bay, for collecting samples.

References

1) E. LEDERER : *Biochim. Biophys. Acta,* **9**, 92 (1952).
2) C. KURODA & H. OSHIMA : *Proc. Imp. Acad.* (Tokyo), **16**, 214 (1940).
3) C. KURODA & H. IWAKURA : *Ibid.* **18**, 74 (1942).
R. KUHN & K. WALLENFELS : *Ber.* **73**, 458 (1940).
4) R. KUHN & K. WALLENFELS : *Ber.* **75**, 407 (1942).
5) E. LEDERER & R. GLASER : *C. R. Ac. Sci.* **207**, 454 (1938).
6) R. GLASER & E. LEDERER : *Ibid.* **208**, 1939 (1939).
7) R. KUHN & K. WALLENFELS : *Ber.* **72**, 1047 (1939).

Studies on Pigments of Marine Animals- IV.*
Astacene from the Liver Oil of Cuttle-fish, *Ommastrephes sloani pacificus* Streentrup

Kokichi NISHIBORI
(*Notre Dame Seishin College, Okayama*)

The cuttle-fish liver oil, which has been used for industrial use, has an intense red colour but there has been no report on the red pigment.

The fresh cuttle-fish liver oil shows the absorption maximum at 465 mμ in visible region (Fig. 1, a) but the oils treated with adsorbent, such as talc, do not show the selective visible light absorption (Fig. 1, c).

Red pigments adsorped by talc (Fig. 1, b), can be eluted with acetone and astacene has been isolated from the talc-chromatograhpic adsorped fraction.

Already, astacene has been detected from many fish liver oils[1)2)] and it seems that the astacene, in the case of the cuttle-fish liver oil, might be mostly derived from astaxanthin esters of crustacea eaten by cuttle-fish.

Experimental

ISOLATION OF ASTACENE

One hundred and fifty g. of talc was added to 100 g. of the cuttle-fish liver oil in 100 ml. of petroleum ether (b.p. 40–60°) and mixed by stirring at room temperature for several minutes. The talc adsorped red pigments, was separated from mother solution and then washed several times with petroleum ether till the greater part of the oil was removed. Red pigments were eluted with acetone and transferred into petroleum ether by dilution of the extract with water.

After washing with water and drying over anhydrous Na_2SO_4, the pigments were chromatographed on talc (2.8 cm × 15 cm) and developed with petroleum ether. A violet zone which was gradually removed was formed and the red pigment was eluted with acetone and transferred

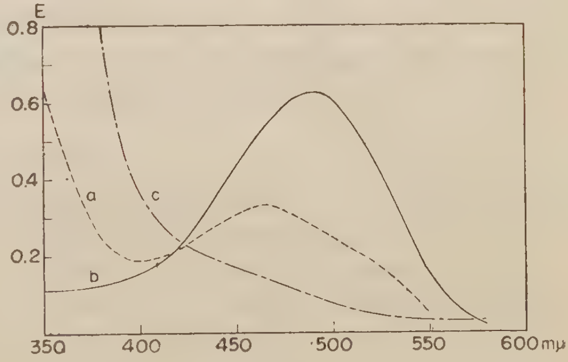


Fig. 1. Absorptionspectra.
a) cuttle-fish liver oil (in chloroform).
b) red pigment adsorped by talc (in chloroform).
c) non-adsorped fraction (in chloroform).

Received Nov. 13, 1656

* This work has been carried out at Hokkaido University.

into petroleum ether.

After washing with water, the pigment was partitioned with 90 % methanol. The greater part of red pigment is found in the upper phase, to which 2N-KOH methanol solution was added and the mixture was allowed to stand overnight. By acidification with 50 % acetic acid, black-violet crystals were separated at the boundary of two layers. The crystals were obtained as sickle-shaped needles melting at 224-5° and showing one broad band at 498 mμ in pyridine, 508 mμ in carbon disulfide after recrystallization from pyridine-water. The yield was about 1 mg. Another properties are as follows;

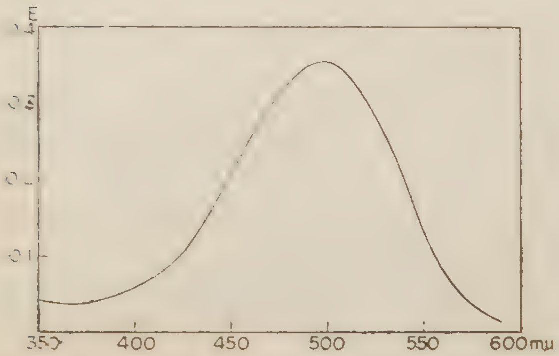


Fig. 2. Absorption spectrum of astacene from the cuttle-fish liver oil. (in pyridine)

Solubility: water insoluble, petroleum ether sparingly soluble, chloroform, pyridine easily soluble. Colour reaction: CARR-PRICE reaction (+), violet-blue, conc. H_2SO_4 reaction (+), blue. Partition test: on partition between petroleum ether and 90 % methanol, this pigment is found almost in the lower layer.

Neither the fall of m. p. nor the displacement in spectrum was observed by mixed examination with astacene (m. p. 228°, absorption maximum at 510 mμ in carbon disulfide, isolated from crustacea).

Summary

Astacene has been isolated from the liver oil of cuttle-fish, *Ommastrephes sloani pacificus* STREENTRUP.

Acknowledgements

The author wishes to express his deep gratitude to Professor Y. NAKAMURA and to Professor T. SAITO, Hokkaido University, for their encouragement and guidance.

References

1) T.W. GOODWIN: "The Comparative Biochemistry of The Carotenoids," Chapman & Hall Ltd., (1952) pp. 193.

2) Y. NAKAMURA, Y. ISHIHARA and K. NISHIBORI: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **18**, 448 (1953).

Studies on Pigments of Marine Animals—V.*
Carotenoids from the Red Muscle and the Viscera of Giant Shield Shell, *Tugali gigas*

Kokichi NISHIBORI
(*Notre Dame Seishin College, Okayama*)

Many investigations deal with the distribution of carotenoids in molluscs, and carotene, xanthophyll, pectenoxanthin, glycymelin, mythyloxanthin, zeaxanthin and hopkinsiaxanthin have been reported.[1)2)] The presence of astaxanthin in molluscus, however, is not conclusive excepting a few cases.

Two carotenoids, astacene and a carotenoid provisionally named "Tugali-carotenoid-X" were isolated from the red muscle of giant shield shell, *Tugali gigas*. Moreover, a carotenoid, which appears to be identical with astacene, has been separated from the viscera of this shellfish.

Experimental

1. EXTRACTION OF THE PIGMENTS

Five hundred and twenty six g. of the minced fresh muscle (40 individuals) were covered with acetone and the pigments were extracted with the same solvent at room temperature and transferred into petroleum ether by dilution of the extract with water. The petroleum ether solution was washed with water and dried over anhydrous Na_2SO_4. After partition between epiphasic and hypophasic (A) layers by shaking with 90% methanol solution, 2N-KOH methanol solution was added to the epiphasic layer and saponified overnight in a dark place at room temperature. By dilution with a small amount of water, the red alkaline aqueous methanol phase (B) containing red precipitates, was separated from upper petroleum ether phase (C). The petroleum ether phase (C) was washed with water and dried over anhydrous Na_2SO_4.

FRACTION (A)

The deep red 90% methanol solution was covered with a layer of petroleum ether and then diluted carefully with an equal volume of water, when most of the pigments were separated as glistening long leaflets at the boundary of the two layers by standing for 6 days in an ice-room. The yield was about 1.5 mg.

This pigment was crystallized from pyridine-water as orange coloured long leaflets. After recrystallization, m.p. gives 178–9°. Pure pigment formed a single zone by chromatographic adsorption on $CaCO_3$ with ether development. CARR-PRICE reaction (+) blue, conc. H_2SO_4 reaction (+) blue, HCl-reaction (−). On partition test, this pigment is found in lower layer. Absorption maxima are as follows;

Received Nov. 13, 1956
* This work has been carried out at Hokkaido University.

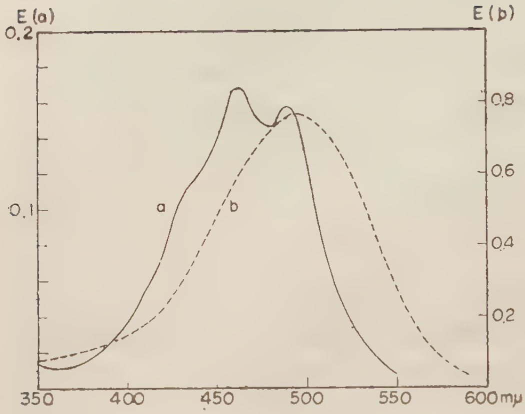


Fig. 1. Absorption spectra of (a) tugali-carotenoid–X (in chloroform) and (b) astacene (in pyridine) from the muscle of *T. gigas*.

430–5, 461, 490 mμ (in chloroform)
——— 479, 510 mμ (in carbon disulfide)
430–5, 451, 480 mμ (in ethanol)

The crystals were too minute to further study. It is named "Tugali-carotenoid-X" provisionally.

FRACTION (B)

Saponified red alkaline aqueous methanol solution was allowed to stand for a short time after the dilution with water and red precipitates were separated, which were covered with a layer of petroleum ether. Black-violet crystals were precipitated with oily impurities, which were removed by repeated washing with 70 % methanol, after acidification with 50 % acetic acid. The crystals were washed with hot water and with petroleum ether. The yield was about 4.2 mg. After recrystallization from pyridine, the pigment crystallized as black-violet sickle-shaped needles melting at 226°. CARR-PRICE reaction (+) violet-blue, absorption maximum 496 mμ in pyridine, 508 mμ in carbon disulfide. On partition between petroleum ether and 90 % methanol, the pigment is found in the lower layer. Neither the fall of m.p. nor the displacement in spectrum was observed by mixed examination with astacene (m.p. 228°, absorption maximum 510 mμ in CS_2, prepared from crustacea*). This pigment is, therefore, astacene which has been derived from astaxanthin esters in the muscle.

FRACTION (C)

Orange red petroleum ether solution (90 % methanol soluble pigment free) was washed with water and dried over anhydrous Na_2SO_4, then it was chromatographed on alumina (WAKŌ-active alumina, heated for 1 hour; 2.8 cm × 20 cm) and developed with petroleum ether-acetone mixture (1 : 1). The fractions obtained, were summarized in Table 1. No crystalline pigment has been obtained from these fractions which showed positive CARR-PRICE and conc. H_2SO_4 reactions.

Table 1. Absorption maxima of chromatographic adsorped zones of fraction C

No. †	Colour of the adsorped zones	Absorption maxima (in $CHCl_3$)
1a	Blood red	~480 mμ.
1b	Blood red	~478 mμ.
1c	Orange red	~435, 462, ~484 mμ.
2	Orange	~435, 459, ~485 mμ.
3	Orange	~435, 461, ~490 mμ.
4	Orange red	~435, 460, ~485 mμ.

† Numbered in order of decreasing adsorptive power.

2. A CAROTENOID FROM THE VISCERA OF *Tugali gigas*

The viscera of the shellfish were covered with acetone and the pigments were extracted with the same solvent at room temperature and then transferred into petroleum ether and parted into epiphasic and hypophasic layers as usual.

From the hypophasic layer which contains the greater part of the red pig-

* *Pandalus sp.*

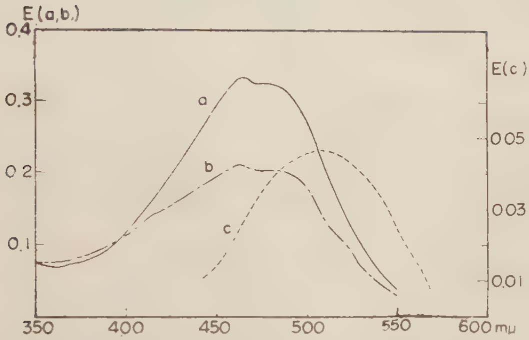


Fig. 2. Absorption spectra of *Tugali gigas* viscera pigments.
a) epiphasic carotenoid (in chloroform).
b) hypophasic carotenoid (in chloroform).
c) astacene (in carbon disulfide).

ment, astaxanthin-like crystals (m.p. 205–8°, violet-red plates, CARR-PRICE reaction (+), blue-violet) were separated after the dilution with water in the usual manner. After the alkaline treatment and acidification with 50 % acetic acid, a crystalline pigment (m.p. 216–8°, absorption maximum 508 mμ in CS_2, violet sickle-shaped needle) has been isolated. From the properties of this pigment, it seems that this crystalline pigment is identical with astacene.

Summary

Pigments of the red muscle of *Tugali gigas* have been examined and two carotenoids, astacene and a hypophasic carotenoid provisionally named "Tugali-carotenoid-X, have been isolated. It seemed that the astacene was derived from astaxanthin esters in the red muscle and the "Tugali-carotenoid-X" existed at the free state.

A carotenoid which appears to be identical with astacene has also been separated from the viscera of this shellfish.

It has been confirmed, therefore, that astaxanthin is present in molluscs.

Acknowledgements

The author wishes to express his deep gratitude to Professor Y. NAKAMURA and to Professor T. SAITO, Hokkaido University, for their encouragement and guidance.

Thanks are also due to Mr. S. SAKAI, Marine Laboratory of Tohoku University for collecting samples.

References

1) P. KARRER & E. JUCKER: "Carotenoids", Elsevier Publishing Co. Inc., New York (1950) pp. 84–6.

2) T. W. GOODWIN: "The Comparative Biochemistry of the Carotenoids", Chapman & Hall Ltd. London (1952) pp. 175–6.

魚の死後電気抵抗変化における一考察（予報）*

浅　川　末　三
（広島大学水産学科）

A Consideration on the Post-Mortem Change of Electric Resistance of Fish Muscle (Preliminary report)

Suezo ASAKAWA

The electric resistance of the muscles of carp, *Cyprinus carpio*, and crucian carp, *Cyprinus carassius*, was measured by a KOHLRAUSH bridge type instrument in the course of deterioration at 17°, 20°, 25° and 30°C. The organoleptic observations and the determination of ATP and free SH group were also carried out.

It was observed, as shown in Fig. 2, that the curve of electric resistance lowered stepwise and the curve was distinguishable into six parts in total, in which the steep and the flat parts alternated. From the organoleptic observations and the determination of ATP and free SH group, the author assumed that these six parts indicate successively before rigor, full rigor, after rigor, autolysis, early spoilage, and advanced spoilage stages.

魚体の電気抵抗を測定して鮮度を判定することの可能性は，既に報告[1)2)3)]されているが，実用には未だ検討すべき点が多い。著者は該判定方法の吟味をなす為に，基礎実験として淡水魚につき経時的抵抗変化を調べた結果，3段にわたる変化のあることを知り，更に ATP 量及び遊離 SH 基量を測定して各抵抗変化時の鮮度化学的意義を考察したのでこゝに予報として報告する。

実験材料と方法

供試魚　購入後室内水槽に多数尾を約1ケ月無餌料で蓄養したコイ（全て 25 cm）とフナ（12～15.5 cm）を使用した。

電極　細いガラス管に 1 cm 出して封入した径 0.5 mm の白金線電極を，パラフイン煮した木板の両端に 3.6 cm 離し固定した。この容器常数は 15°C，0.02 N-KCl で 0.959 であつた。この電極は不分極処理を施さなかつたから，極部分での電気分解及び分極も多少は生じ，従つて測定された電気抵抗は見掛上に過ぎない。しかしこの様な電極が反つて実用的であり，かつ鮮度判定用には相対的な値を得ることで充分と考える。

抵抗測定器　島津製携帯用コールラウシブリッヂを使用し，6 V 蓄電池の電源で約 1,000 サイクルの交流による抵抗値（単位は Ω，以下記載の Ω は測定器目盛のまゝである）をレシーバーによつて観測した。

抵抗測定法　掬い上げた供試魚は，やゝ弱まつた後にビニール布を敷いた木片に口端部と尾柄部をピンで止め，Fig. 1 に示す個所の鱗二三枚をはがし，体高に平行で且つ電極が完全に皮膚下に没入する様白金部を筋肉内に挿入する。次に予め水を入れた蒸発皿を置いて，乾燥を防ぎつゝ測定温度に調整された恒温器内に上記魚体を定置し，空気孔より電極の導線を器外に出して抵抗測定器に接続し，電極を動かすことなく，時間毎に通電して抵抗値を測定した。

分析試料の採取と定量法

ATP-P 及び遊離 SH 基を定量する供試魚は，内臓・心臓を除去して直ちに頸部と尾部より左半身を切り離しアルミ容器に入れ，恒温器内（20°C）に放置し Fig. 1 に示す如く I より順次 X まで一定時間を経過

1956 年 11 月 27 日受理
* 31.10.9 広島市における日水学会秋期大会にて概要を報告した。

する毎に肉片を切りとり，表皮・血合肉を除き充分に擂潰した普通肉について分析をした。頭部のある右半身は前記に準じ，20°C での電気抵抗を測定した。

ATP-P は7分加熱燐と酸可溶性無機燐との差を以てし，P の定量は Allen 法[4] によつた。遊離 SH 基定量は森[5] の改良法により，いづれも島津製光電分光光度計で比色した。

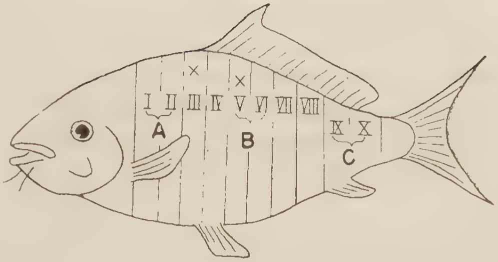


Fig. 1. Diagram showing the number of sample and the position where determination were carried out. Marks **I** to **X** indicate the sample meats for the measurement of ATP and free SH group in the course of deterioration in the order, and × shows the position where the electrode was inserted.

実 験 結 果 と 考 察

放置温度 17°C と 20°C のコイ（いづれも 25cm）及び 25°C と 30°C のフナ（前者は 12 cm，者後は 15.5 cm）の電気抵抗変化，並びに 20°C のコイについての ATP-P と遊離 SH 基の定量を経時的に調べた結果を Fig. 2 に示す。但し 20°C のコイについての諸数値は2尾実測の平均値を図示したが，その他は1尾での値である。

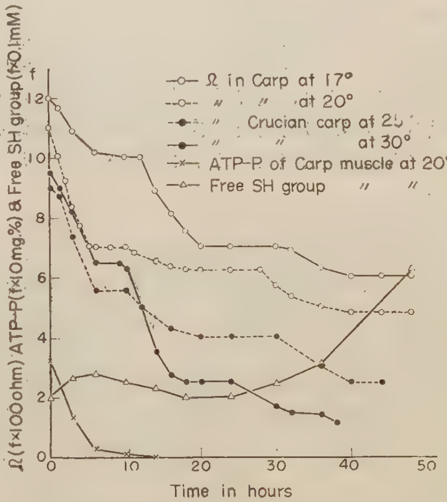


Fig. 2. Post-mortem changes of the electric resistance of the muscles of carp and crucian carp, and those of ATP and SH group of the muscle of carp.

供試魚が未だ鰓を動かす間は通電すると痙攣を生じ抵抗が変動して一定値を得難いが，もはや呼吸もせず通電で何ら反応を示さない時（この時を死亡時と見做し0時と図示した）に近ずくに従い抵抗値は上昇傾向を示し，死亡時に最高値を取つた。この時の抵抗値について田村[1]，山村[6]は魚種による差を大して認めていないが，松井等[3]は魚種差のあることを指摘している。本実験では少数例なので断定は出来ないが，魚種差及び温度差がある様に見られた。しかし同一魚種間での個体差は，例えば 20°C のコイでは殆んど見られなかつた。

死亡時の最高抵抗値は，この実験条件下では例外なく直ちに急減をなし，ある時間後に一定値を暫らく保つた（以下この急減期間を第一急減期，一定値を保つた期間を第一平衡期，以降之に準じて第二・第三急減期或は平衡期と仮称する）。この第一急減期の見られたことは，従来の報告[1,2,3] に記載されておらず，その原因・意義については今後研究すべき点であり実用化の際に注意せねばならない現象である。17°C コイで約7時間，20°C コイで約5時間，25°C フナで約7時間，30°C フナで約6時間後に第一平衡期に達した。即ち第一急減期は同一魚種間では放置温度の高いほど急かつ早く第一平衡期に至つた。ちなみに魚体温は口より細い棒状水銀温度計を可及的深く挿入し，口腔深部の温度を以てし，死亡時における魚体温 16°C が約 30 分後に放置温度の 17°C に，17.5°C が約1時間後に 20°C に，21.5°C が約1時間後に 25°C に，21.3°C が約2時間後に 30°C に達し，以後実験中その温度を保つた。

第一平衡期（恐らく田村[1] の抵抗低下までの時間に相当するものであろう）も高温ほど短い傾向が見られた。この期間の魚体は指圧により硬直中であることが感じられ，更に硬直のエネルギー供与者と云われるATP量を定量すると，第一平衡期の終了時に0になつている事実より，この第一平衡期は死後硬直期，然してその前の第一急減期は硬直前に相当していると考えられる。

その後電気抵抗は更に第二急減期を経て第二平衡期に至る。そしてこの第二急減・平衡期の変化傾向は第

一期に似ている。第二急減期の魚体は指圧では軟化を感知することが困難であつたが，ATP は既に 0 であり，SH 基曲線（Fig. 2）が最低に向つている。一般に遊離 SH 基数は蛋白変性の指標とされ，この期間では増加すべきであるが，既に報告[7)8)9)]されている様に，本法で定量された値は蛋白変性による SH 基数の増加よりも，同時に測定される他の還元性物質の減少の方が大なる為，硬直完了まで一旦減少をなし，腐敗の進行に伴つて急増をなすものであれば，本実験でその最小値が概ね第二平衡期の始めに当つていることより，第二急減期が解硬期に，第二平衡期が自己消化期に，そして SH 基の急増を示した第三平衡期（30°C フナに見る如く漸減をする）が腐敗期に，その中間の第三急減期が初期腐敗期に相当するのではないかと考えられる。

なお第二平衡期の始めに SH 基の最小値が来たが，前記の如く Fig. 2 の SH 基定量用供試肉は，魚体前後の部位差が疑える。そこで Fig. 1 に示す A, B, C につき解剖直後左半身を，20°C 6 時間後右半身を供試肉として SH 基を定量して Table 1 の結果を得た。

Table 1. Free SH group in different parts of the carp muscle

Locality examined	Immediately after death	Stored at 20° for 6 hrs.
A	0.27	0.32
B	0.35	0.32
C	0.29	0.32

Figures are expressed as milli-mole of reduced potassium ferrocyanide.
A, B and C are samples taken from three parts as shown in Fig. 1.

Table 1 により，左右両身間には部位差がないとして，解剖直後（極く新鮮時）には前後間に部位的差異が見られるが，6 時間後（不鮮時）にはその差異が認められない。恐らく Fig. 2 の 20 時間頃の最小値についても部位差を無視しても大誤ないものと思う。斎藤[8)]も同じく 25°C コイで約 18 時間後に最小値を得ている。

又前記の考察は実験的考証が不充分であるが，SH 基定量用採肉の際に，第二平衡期の肉質はコイ特有臭の他に異臭を感ぜず，乳鉢で擂潰するにやゝ硬さを有し明らかに未腐敗状態で，死亡時の pH 5.8（試験紙による）が pH 5.6～5.7 であつた。第三平衡期の初期（20°C 36 時間後）ではやゝ異臭を感じ，肉の光沢は消失し，摺肉も粘度を増し，pH 5.8 と上昇して腐敗感を生ぜしめた。同じく 48 時間後には明らかに腐敗状態で pH は 6.4 であつた。これら肉眼的判定によつても前記の考察が支持出来るものと思われる。

然して 3 段に及ぶ電気抵抗変化と肉質の変化とは，密接な関係にあることを考察したが，その電気化学的な説明は今後の研究にまたねばならない。なお本実験に使用した供試魚は，かなり饑餓状態にあつたと思われるので，かゝる恐れのない魚で再度実験をする必要がある。

摘　　要

（1）コイ，フナを一定温度に放置し，死後における電気抵抗の経時変化を調べ，死亡時に最高抵抗値を示すが以降三急減期と三平衡期のあることを見た。

（2） この 3 段に及ぶ電気抵抗変化の各期は，ATP 及び遊離 SH 基の定量並びに肉眼的判定より，夫々が死後硬直前，硬直期，解硬期，自己消化期，初期腐敗期及び腐敗期に相当することを考察した。

原稿の御校閲を賜つた東大森教授，本学科竹下教授並びに抵抗測定器に便宜を与えられた本学科入江助教授に深甚の謝意を表する。本研究は昭和 30 年度文部省科学研究費の一部をもつてなされたもので関係各位に感謝する。

文　　献

1) 田村健治：本誌，**1**，168 (1932).
2) 栗本珍彦，赤羽誠夫，神保芳郎：医学と生物学，**29**，42 (1953).
3) 松井武夫，原　清，稲垣耕一，高瀬　明：日獣医師，**7**，266 (1954).
4) 江上不二夫：“核酸及び核蛋白質”，上巻，共立出版，東京，(1953)，p.159.
5) 森高次郎，泰　満夫：本誌，**15**，407 (1949).
6) 山村弥六郎：本誌，**10**，83 (1941).
7) 野口栄三郎，山本常治：日本海区水研年報，No. 2，123 (1955).
8) 斎藤　要，日高富男：本誌，**21**，1025 (1956).
9) 梶田昭彦：生化学，**26**，547 (1954).

水道水がクロロテトラサイクリンの安定性に及ぼす影響—I.

俵　正・篠野雄一
（大洋漁業株式会社東京研究所）

Effect of Service Water on the Stability of Chlorotetracycline— I .

Tadashi TAWARA and Yûichi SASANO

When ice is prepared from service water containing chlorotetracyline (CTC) with which to preserve fresh fish, antibacteriolytic activity of CTC is not found so stable as expected to be. Bioassay of CTC by Koholer pad-plate method modified from Grady's has confirmed that the activity of CTC resolved in service water is lowered from 5 ppm to 1.5 ppm in an hour, while actithat in distilled water remains almost the same in the lapse of time (Ttable 1). A possible explanation of this is that the CTC activity is likely affected by Cl_2 present in the service water as well as by the concentration of pH.

When acidified with citric acid, however, the service water has been turned out to be capable of keeping the CTC activity fairly stable. A report on the role of citric acid in this regard is under preparation.

魚の鮮度保持の用途にクロロテトラサイクリン（オーレオマイシン。以下 CTC と略記する。）を含有する氷を製造する場合，その原料用水に水道水を用いると，濃度 5 ppm になる如く計算量の CTC を加えても，製氷中には勿論，製氷途中の母液にも，その有効成分は 1 ppm 前後しか保有されていないことが bioassay に依つて見出された。

この原因は，水道水中に含まれる物質に依つて CTC 活性が減退せしめられるものと考え，水道水中の金属，塩素或いは水道水の pH に就いて，それらの影響を究めるべく次の試験を行つた。

1. 水道水自体が CTC 活性を減退せしめる事を確認する為に，蒸溜水と比較した。

2. 東京都水道局に依ると，都の水道水は 1.3 ppm を基準として多いときには 3〜4 ppm の塩素を含有している。この塩素の影響を見る為に，

a) 5 ppm の塩素を含む蒸溜水で CTC 溶液を作り，CTC の低下状態を測つた。

b) 若し塩素が CTC を破壊する主要原因であるならば，水道水を一旦煮沸して塩素を揮散せしめた水中では安定な筈であるから，水道水を一旦煮沸し，冷後 CTC 溶液を作つてその影響を見た。この際煮沸時のガラスの溶出に依る pH の変動を避けて，アルマイト容器を使用した。

3. 蒸溜水は微酸性であるが，東京都の水道水は微アルカリ性である。この pH が影響するか否かを見る為に，

a) 水道水にクエン酸を加えて蒸溜水と同程度の微酸性とした液。

b) 水道水にクエン酸を稍多量に加えて蒸溜水よりやや強い酸性にした液。

c) 蒸溜水に苛性ソーダを加えて，水道水と同程度の微アルカリ性にした液。

それぞれで CTC 溶液を作り，その低下状態を測つた。

4. 水道水中の金属，特に鉄は CTC と定量的に結合して沈澱し，活性を失うが，水道水中の存在は微量であるので，その影響に就いては他日試験する事とした。

1957 年 1 月 10 日受理

実験及び成績

蒸溜水 100 cc に CTC の結晶（bioassay に依り，純度 100 %であることを確認）10 mg を溶解し，之を CTC 原液とする。この原液 5 cc づつを採り，Table 1 のような各種の水に稀釈して各々 100 cc とする。

CTC の最終濃度は計算上 5 ppm に相当する。

これらの液を調製後 19°C の室に 1 時間放置後，各液の一定量づつを採つて CTC の力価を測定した。更に時間経過に依る変化を見る為に，液の残部を −4～4°C に 23 時間，47 時間及び 13 日間保存後，力価を測定した。

CTC の bioassay は，Grady の方法[1]を Koholer が修正した pad-plate 法[2]に従つて，細菌は *Bacillus cereus* No. 5（大阪醱酵研究所 3466）を使用し，又濾紙は Carl Schleicher Co. 製の 1/4″ の disc を用いた。標準には M/15 の第一燐酸カリ液の CTC 溶液（測定の都度作製）を置いた。本 bioaisay の測定誤差範囲は約 ±10 %である 。

実験成績は Table 1 の如くである。（試験は二回に分けて行つたので，その都度対照として CTC の蒸溜水溶液を置いた。）

Table 1. Change of CTC activity when treated with several kinds of water
種々の用水で処理した際の CTC 活性の変化

	No.	Sort of water 水の種類		Remarks 備考	pH of water 水の pH	*Quantity of active CTC (γ/cc.) CTC の力価			
						after 1 hr. 1 時間後	〃 24 hrs. 24 時間後	〃 48 hrs. 48 時間後	〃 13days 13 日後
First test 第一回試験	1	Distilled water 蒸溜水	Non-treatment 無処理		6.45	5.4	4.6	—	—
	2		Cl_2 added Cl_2 添加	Active Cl_2, 5 ppm 有効塩素	4.35	0	0	—	—
	3	Service Water 水道水	Non-treatment 無処理	Active Cl_2 1.3～3 ppm (presumed) 有効塩素（推定）	7.44	1.5	1.08	—	—
	4		Acidified 酸性化	Citric acid was added up to the same pH as distilled water クエン酸を加えて蒸溜水と同じ pH にした。	6.45	3.4	3.75	-	--
Second test 第二回試験	5	Distilled water 蒸溜水	Non-treatment 無処理		6.40	4.9	4.9	4.7	4.4
	6		Alkalified アルカリ性化	NaOH was added up to the same pH as service water NaOH を加えて水道水と同じ pH にした。	7.40	4.4	4.6	4.7	3.6
	7	Service water 水道水	Boiled 煮沸	Cl_2 was removed by boiling 煮沸して Cl_2 を揮散せしめた。	9.85	4.6	2.9	2.3	1.23
	8		Acidified 酸性化	This service water was acidified with citric acid stronger than No. 4 この水道水は，クエン酸で No.4 よりも強く酸性にした。	4.97	4.7	4.3	5.5	4.2

* The initial concentration of CTC was 5 ppm for each test.

Table 1 より次の如く云い得る。

1. 蒸溜中水では低温に置く場合，CTC は相当安定である。(実験 #1 及 #5)

2. 水道水中では，短時間で甚だしく活性を失う。(実験 #3)

3. 5 ppm の塩素を含む蒸溜水中では，CTC の活性が 1 時間以内に失われる。(実験 #2)

4. クエン酸で酸性にした水道水中では CTC は相当安定であつて，pH を 5 程度に保つときは蒸溜水と殆ど同程度となる。(実験 #1, #5 及 #4, #8)

5. 蒸溜水を水道水程度の微アルカリ性にした液中では，短時日のうちは安定であるが，時日の経過に伴つて，緩慢乍ら活性が減退する。(実験 #6)

6. 一旦煮沸した水道水中では，煮沸しない水道水中に於けるよりも CTC は安定であるが，煮沸によつて水の pH がアルカリ性に移る為か，長時間の後には相当の活性減退を来たす。(実験 #7)

以上の実験結果から，水道水が CTC の活性を低下さすのは，その中に含まれる塩素が主因であると考えられる。その場合，クエン酸で酸性にする事に依つて低下が防がれる理由については後日明かにしたい。

低下の一因として，pH も亦関与していると考えられる。

終に，本研究の御指導と報文の御校閲を賜つた当研究所所長，東克巳博士，aureomycin の標準品を提供された日本レダリー株式会社，又 pad-plate 法に就いて種々御教示賜つた財団法人醱酵研究所，緒方浩一博士に謹謝する。

文　　献

1) J. E. GRADY and W. L. WILLIAMS: *"Detremination of Aureomycin Infeeds with the Pad-plate Method."*, unpublished report (1952).

2) A. R. KOHOLER and A. ABBEY: *"Determination of Aureomycin in Tissues by a Modified Pad-plate Assay Method."* unpublished report (1952).

雑　　　録

○関東支部例会研究発表題目

○昭和 31 年5月 22 日於東京大学

1. 醗酵処理魚液アミノ酸

星野直司・○杉村敬一郎（食研）
山崎卓蔵・富田俊雄　（日冷研）

2. 魚類諸器官のアミノ酸

杉村啓一郎・平　宏和・星野直司・蛯　春枝・永原太郎（食研）

3. バカガイ杆晶体ミュシンの化学成分について——酸性成分に就いて

橋本芳郎・○岡市友利（東大）

4. 鰭長鮪青肉に関する研究

山下六郎・○松坂安正・高橋信之（日冷研）

○昭和 31 年6月 24 日　於東京水産大学

1. 1956 年核爆発実験による放射能汚染魚の放射性物質（予報）

森　高次郎・佐伯誠道・○白井和雄・大野駿（東大）

○昭和 31 年9月 25 日　於東京大学

1. 魚体測定の精度，個人差及測定値のちらばり方についての2，3の知見

土井長之（東海水研）

2. 日本海産マイワシ *Sardinia melanosticta* (T. &S.) の産卵期に於ける化学的成分の変化について

○大竹茂夫（東海水研）・山本常治（日本海水研）

○昭和 31 年 12 月 25 日　於東京大学

1. バラノフのモデルとシグモイド曲線

田中昌一（東海水研）

2. 魚群探知機による定置網の網成測定の一つの試み

川田三郎・○田原陽三（東海水研）

3. 1956 年核爆発実験による放射能汚染魚の放射性物質第Ⅱ報

森　高次郎・佐伯誠道・○白井和雄・大野駿（東大）

○近畿支部例会　32 年 3 月 2 日於京大農学部

1. 貝介類のエキスについて　高木一郎（京大農）
2. サケ・マス流網の漁獲性能について　赤岡民夫（京大農）
3. 一般底曳網の模型試験と漁獲性能　鈴木乙彦（京大農）
4. 海水並びに半鹹水域における硫化物の生成機構について　三好英夫（京大農）
5. 日本近海産ネヅッポ属魚類 (*Callionymus*) の研究　荒賀忠一（京大農）
6. 魚肉ソーセージに対する各種薬剤の防腐効果について
清水　亘・上野三郎・日引重幸・遠藤金次・高木一郎・横山理雄（京大農）
7. 魚肉蛋白の溶解性について　清水　亘・志水　寛（京大農）
8. 細菌胞子に対するフラスキン (5-nitro-2-furfural dehyde semicarbazone) と Z-フラン (5-nitro-2-furfur-acrylic amide) の殺菌・静菌効力の比較　清水　亘・上野三郎（京大農）

会　　告

学会事務局は 32 年 4 月 15 日をもつて
東京都港区芝海岸通り 6 丁目
東京水産大学内
に移転します。

Notice of Change of Address

Formerly : Japanese Society of Scientific Fisheries
c/o Tokaiku Suisan Kenkyujo, Tsukishima, Kyobashi, Tokyo, Japan

After May 1, 1957, please address all correspondence and publication to :

Japanese Society of Scientific Fisheries
c/o Tokyo University of Fisheries
Shiba-kaigandori 6-chome
Tokyo
Japan

昭和三十二年三月二十日　印刷
昭和三十二年三月二十五日　発行

第二十二巻　第十一号

本号定価 130 円
（送料別）

編集兼発行者　松　江　吉　行
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内

発行所　日本水産学会
東京都中央区月島三号地東海区水産研究所内
振替口座　東京　59529番

印刷者　篠　原　收　二

印刷所　東海出版印刷株式会社

発売所　東海出版印刷株式会社
東京都中野区江古田３の1223
電話中野（38）4101・9108